



Centro de Estudios
para el Desarrollo
Sostenible



Konrad
Adenauer
Stiftung

Memorias Congreso Internacional de Medio Ambiente X VERSIÓN

24 y 25 de octubre de 2017 - Segunda edición - ISSN: 2590-7425



**OBJETIVOS
DE DESARROLLO
SOSTENIBLE**

**El rol de las ciudades en la implementación
del Acuerdo de París y el cumplimiento de los
Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS**



MEMORIAS



X Congreso Internacional de Medio Ambiente

24 y 25 de octubre de 2017



CEID

Centro de Estudios
para el Desarrollo
Sostenible



Konrad
Adenauer
Stiftung



Este documento ha sido elaborado por el equipo de profesionales del Centro de Estudios para el Desarrollo Sostenible CEID Colombia y la Fundación Konrad Adenauer, KAS.

**Centro de Estudios para el Desarrollo Sostenible
CEID Colombia**

Carrera 7 # 237-04, Bogotá D.C., Colombia

(+571) 4566853

ceidcorp_gr@ceidcolombia.org

www.ceidcolombia.org



© Fundación Konrad Adenauer Colombia, KAS

Calle 90 # 19C-74, piso 2

(+571) 7430947

www.kas.de/kolumbien



Director de la publicación:

Gilberto Rincón González, Director, CEID Colombia

Autoras:

Lina María Puerto, Consultora en Ciudades y Cambio Climático

Julie Alejandra Cifuentes Guerrero, Directora de Proyectos CEID Colombia

Contribuciones:

Hubert Gehring, Representante de la KAS Colombia

Andrea Valdelamar, Coordinadora de Proyectos, KAS Colombia

Johana Cifuentes, Fundadora ClimaLab

Lina Pardo Carvajal, Ecóloga Universidad Javeriana

Fotografía:

Cristian Galvis Galindo, cgalvisg1@gmail.com, celular 314-2696995

Archivo Light Form Concept,

<https://www.flickr.com/photos/light-form-concept/>

Archivo Cara a Cara

Corrección de estilo:

Marcela Manrique Cornejo

Producción gráfica:

Opciones Gráficas Editores Ltda.

www.opcionesgraficas.com

Palabras claves:

Ciudades, sostenibilidad, Objetivos de Desarrollo Sostenible, Acuerdo de París, cambio climático

Segunda edición

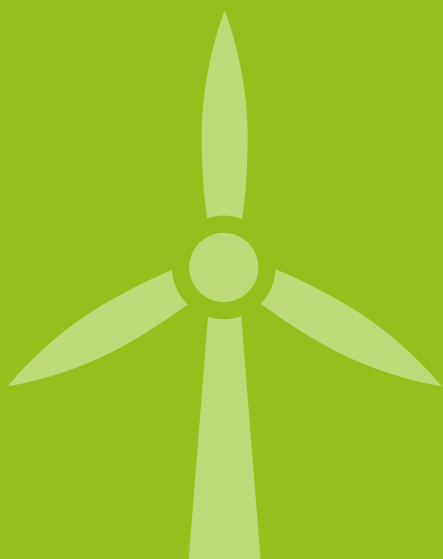
Publicación: Bogotá, 30 de mayo de 2018

Este documento presenta una síntesis y un análisis de las principales conclusiones y recomendaciones de las conferencias realizadas por los expertos nacionales e internacionales, que participaron en el X Congreso Internacional de Medio Ambiente “El rol de las ciudades en la implementación del Acuerdo de París y el cumplimiento de los ODS”, realizado por el Centro de Estudios para el Desarrollo Sostenible, CEID Colombia, y la Fundación Konrad Adenauer, KAS, los días 24 y 25 de octubre de 2017 en Bogotá, Colombia. Las opiniones expresadas y la información contenida en el mismo no reflejan necesariamente los puntos de vista y el pensamiento de la KAS y de CEID.

Esta publicación ha sido elaborada solo como una guía o material de interés y no constituye asesoramiento profesional. No se proporciona ninguna garantía, ni explícita y/o implícita, de la exactitud de las recomendaciones contenidas. En la medida permitida por la Ley, el Centro de Estudios para el Desarrollo Sostenible, CEID Colombia, y la Fundación Konrad Adenauer, KAS, no aceptan ni asumen responsabilidad, obligación o deber de diligencia alguno por las consecuencias de que cualquier persona actúe o se abstenga de actuar, teniendo en cuenta la información aquí presentada.

Se autoriza la reproducción total o parcial del contenido con inclusión de la fuente y la autorización previa y expresa de los titulares.





Organizaciones involucradas

Fundación Konrad Adenauer, KAS



Konrad
Adenauer
Stiftung

La Fundación Konrad Adenauer, KAS, trabaja hace más de cincuenta años en Colombia, cooperando en el fortalecimiento de las instituciones democráticas y el fomento del respeto a los derechos humanos, así como en la promoción de la integración regional, la formación política y la participación ciudadana activa. La KAS desarrolla todas sus actividades en el país en cooperación con organizaciones políticas, académicas, de la sociedad civil, la Iglesia Católica, y el sector privado. En este contexto, la KAS ha fijado los siguientes objetivos para guiar su trabajo en Colombia, en alianza con sus socios colaboradores:

- 🏠 Propiciar que partidos y fuerzas políticas con ideologías de centro desarrollen bases programáticas para optimizar sus acciones.
- 🏠 Fortalecer las competencias de estructuras e instituciones estatales de cara a la promoción del Estado de derecho, tanto a nivel nacional como regional y local.
- 🏠 Promover la comprensión de los principios de la economía social del mercado como concepto político y de ordenamiento social, para la elaboración de medidas concretas en política económica y social y desarrollo sostenible.
- 🏠 Fomentar la participación de sectores y grupos amplios de la sociedad civil, en procesos socioeconómicos y de toma de decisiones políticas, así como de la formación de opinión pública.
- 🏠 Apoyar procesos e iniciativas de construcción de paz en el país, a través de distintas organizaciones de la sociedad civil y en los sectores público y privado.
- 🏠 Contribuir a establecer diálogos e intercambios intrarregionales e internacionales, acerca del rol de Colombia en temas globales claves, como la política de seguridad, la política exterior, el cambio climático y la seguridad energética.

Para conocer más acerca de la KAS Colombia visite <http://www.kas.de/kolumbien/es/>.



Centro de Estudios para el Desarrollo Sostenible, CEID Colombia



CEID

Centro de Estudios
para el Desarrollo
Sostenible

El Centro de Estudios para el Desarrollo Sostenible, CEID, es una organización sin ánimo de lucro, comprometida con la promoción de un modelo de sociedad sostenible, mediante la investigación, el desarrollo y la difusión del conocimiento y el apoyo a los sectores público, privado y académico, en la generación de estrategias y soluciones para el logro del modelo propuesto. Desde su fundación, CEID ha participado regularmente en las reuniones de la Comisión de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas en la ciudad de Nueva York y en la Convención Marco de Cambio Climático de Naciones Unidas, UNFCCC.

Tiene como objetivos:

- 🏠 Fortalecer los procesos de construcción de capacidad en temas ambientales y de desarrollo sostenible.
- 🏠 Acompañar a los sectores público, privado y académico a través de consultorías, asesorías y proyectos conjuntos que contribuyan a la implementación de un modelo de desarrollo sostenible.
- 🏠 Promover y realizar investigaciones, estudios y la difusión del conocimiento sobre medio ambiente y desarrollo sostenible.

Como parte de su misión, ha traducido al español más de 10 obras de importantes autores internacionales en temas de medio ambiente y desarrollo sostenible, entre las cuales se destacan:

- 🏠 *La adaptación al cambio: el negocio de la resiliencia climática*, de Ann Goodman (2017)
- 🏠 *Un planeta sobrepoblado y platos vacíos: la nueva geopolítica de la escasez de alimentos*, de Lester Brown (2017)
- 🏠 *La gran transición de los combustibles fósiles a la energía solar y eólica*, de Lester Brown (2015)
- 🏠 *Corporación 2020: transformar los negocios para el mundo de mañana*, de Pavan Sukhdev (2013)

CEID articula sus proyectos en alianza con importantes organizaciones internacionales como: Sustainable Development Solutions Network, SDSN; la Coalición del Clima y el Aire Limpio, CCAC; la Academia de Derecho Ambiental de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, IUCN, y recientemente con CDP América Latina; The Coalition for Green Capital, CGC, y Natural Resources Defense Council, NRDC.

Para conocer más acerca de CEID Colombia visite www.ceidcolombia.org.



Conferencistas internacionales

Michael Bock, Embajador de Alemania en Colombia

Ann Goodman, autora del libro *La adaptación al cambio: el negocio de la resiliencia climática*, CUNY Advanced Science Research Center

Courtney Lowrance, Jefe Mundial de Manejo del Riesgo Ambiental y Social, Citi Bank

Ellis Juan, Asesor Externo, Programa Ciudades Emergentes y Competitivas del BID

Peter Head, Fundador y Director Ejecutivo, The Ecological Sequestration Trust

Bruna Cerqueira, Gerente de Relaciones Institucionales, ICLEI Local Governments for Sustainability

Carlos Dora, Coordinador de Salud Pública y Ambiental, Organización Mundial de la Salud, OMS

Marcelo Álvarez, Presidente, Cámara Argentina de Energías Renovables

Jenny Atmanagara, Directora de Proyectos Desarrollo Urbano y Construcción Sostenible, Baden-Württemberg International GmbH

Carlos Felipe Pardo, Director Ejecutivo Despacio, Representante de SloCaT para América Latina

Agustín Matteri, Especialista Legal Unidad de Cambio Climático, ONU Ambiente

Kaj Embrén, Asesor, South Pole Group



Conferencistas nacionales

Julio Carrizosa, Miembro Honorario, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Doris Polanía, Asesora, Viceministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia

Luis Felipe Lota, Subdirector de Transporte, Departamento Nacional de Planeación, DNP

Eduardo Behrentz, Vicerrector de Desarrollo, Universidad de los Andes

Carolina Quiroga, Directora, Red Colombiana de Infraestructura Vegetada, Recive

Patricia González, Subdirectora de Ecourbanismo, Secretaría Distrital de Ambiente

Adriana Estrada Estrada, Subdirectora de Salud Ambiental, Ministerio de Salud de Colombia

Mauricio Gaitán, Coordinador Gestión Ambiental de la Dirección de Asuntos Ambientales, Sectoriales y Urbanos, DAASU, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia

Rafael Chaparro Ortiz, Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual, Secretaría Distrital de Ambiente

Edgar Camilo Luengas Pinzón, Coordinador de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire, Corporación Autónoma Regional Cundinamarca

Paula Rodríguez, Especialista en Impactos Ambientales y Sectoriales, WWF

Arnaud Godet, Coordinador de Ciudadat, Findeter

Juan Manuel España, Investigador, Grupo de Energía Universidad EIA

Eduard Aristizábal, Director General, Fundación Centro de Entrenamiento de Energías Renovables

Carlos García Botero, Subdirector de Demanda, Unidad de Planeación Minero Energética, UPME

Esteban Arroyave, Líder de Negocios en Ciudades, Celsia

María Alejandra González, Oficial de Mitigación al Cambio Climático, WWF

Marco Antonio Pérez Useche, Director del Observatorio de Sociedad, Gobierno y Tecnologías de la Información, Universidad Externado de Colombia

Marcela Velásquez, Directora Ejecutiva, Fundación Origen

Claudia Martínez, Directora de E3, Ecología, Economía y Ética

Gisela Labrador, Gerente de Sostenibilidad y Nuevos Negocios, Findeter

Fernando Guzmán, Director Ejecutivo, Asocapitales

Aníbal Quiroz, Director del proyecto Parque Solar y Vivienda de Interés Social en Valledupar

Carolina Urrutia, Directora, *Semana Sostenible*



Agradecimientos

Las ciudades han sido reconocidas como motores de desarrollo. En ellas se genera el 80% del PIB mundial (UNEP, 2013a). A pesar de que solo ocupan el 2% de la superficie terrestre del planeta, son responsables del 75% de las emisiones de carbono (UNEP, 2013b). Según estimaciones de la ONU, aproximadamente el 54% de la población vivía en las ciudades para el año 2015 y se espera que esta cifra aumente a 66% para 2050 (WRI, 2015). Lo anterior plantea retos en materia de vivienda, movilidad, desechos urbanos, seguridad alimentaria, salud y educación y hará de la urbanización una de las tendencias más transformadoras del siglo XXI.

Agradecemos el apoyo de la Fundación Konrad Adenauer, KAS, en el desarrollo de esta publicación, que busca presentar a las ciudades como “nichos de sostenibilidad”, así como a todos los conferencistas y organizaciones nacionales e internacionales que participaron del X Congreso Internacional de Medio Ambiente, un espacio que cada año socializa en Colombia iniciativas de interés en la agenda de desarrollo mundial y que congrega a más de 400 actores claves de los sectores público y privado, la academia, los medios de comunicación y la sociedad civil.

También agradecemos a los lectores de este documento y espero que sirva de inspiración para el desarrollo de proyectos, políticas públicas e investigaciones, que permitan avanzar hacia ciudades y asentamientos humanos seguros, sostenibles y resilientes.

Gilberto Rincón González
Director

Centro de Estudios para el Desarrollo
Sostenible, CEID Colombia



Contenido

Prólogo	13
Introducción: Ciudades y comunidades sostenibles	15
1 Antecedentes y breve estado del arte de las temáticas del X Congreso	19
1.1 Urbanización: el gran reto del mundo	20
1.2 Ciudades latinoamericanas: planificación hacia la sostenibilidad	24
1.3 La Nueva Agenda Urbana	27
1.4 Acuerdo de París: el rol de las ciudades	29
1.4.1 Participación de las ciudades en las emisiones de GEI	32
1.4.2 Ciudades bajas en carbono	33
1.5 Cambio climático en las ciudades: retos y oportunidades	35
1.5.1 Vulnerabilidad de las ciudades al cambio climático	36
1.5.2 Las ciudades latinoamericanas frente al cambio climático	38
1.5.3 Resiliencia urbana al cambio climático	40
1.6 Agenda 2030: el rol de las ciudades en el cumplimiento de los ODS	41
1.6.1 Hacia ciudades y comunidades sostenibles	42
1.6.2 Financiamiento e implementación de los ODS en asentamientos humanos y ciudades-región	45
2 Síntesis y análisis de los temas presentados por los conferencistas internacionales y su relación con los pares nacionales	47
2.1 Salud, calidad del aire y bienestar en las ciudades	48
2.1.1 Generalidades del problema de calidad del aire en las ciudades	48
2.2 Energía asequible y no contaminante en las ciudades	51
2.2.1 Sistemas de energía solar fotovoltaica distribuida en áreas urbanas	55
2.3 Descarbonización del sector transporte	59
2.3.1 Transporte eléctrico en América Latina	62
2.3.2 Movilidad urbana sostenible	66
2.4 Infraestructura sostenible y resiliente en las ciudades	70
2.4.1 El rol de la infraestructura para enfrentar el cambio climático	74
2.5 Innovación tecnológica para la sostenibilidad urbana	77
2.5.1 Ciudades inteligentes (<i>Smart Cities</i>)	79
2.6 Experiencias internacionales de sostenibilidad urbana	82
2.6.1 Políticas públicas	82



2.6.2 Cambio climático	84
2.6.3 Energía renovable	85
2.6.4 Transporte	87
2.6.5 Infraestructura	87
2.6.6 Calidad del aire	88
2.6.7 Resiliencia	89
2.6.8 Ciudades inteligentes	90
3 Asentamientos humanos y ciudades sostenibles en el contexto colombiano	91
3.1 La red de ciudades colombianas	92
3.1.1 Generalidades de las ciudades colombianas	94
3.1.2 Retos urbanos de Colombia	96
3.2 Políticas públicas de sostenibilidad urbana en Colombia	99
3.2.1 Política Nacional de Cambio Climático	101
3.2.2 Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono	102
3.2.3 Misión de Crecimiento Verde	102
3.2.4 Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS	104
3.3 Las ciudades colombianas frente al cambio climático	105
3.3.1 Mitigación	107
3.3.2 Adaptación	112
3.4 La Agenda 2030 en las ciudades colombianas	113
3.5 Iniciativas que impulsan la sostenibilidad urbana en Colombia	115
3.5.1 Calidad del aire	115
3.5.2 Movilidad	117
3.5.3 Infraestructura urbana	117
3.5.4 Cambio climático	119
3.5.5 Ordenamiento territorial y planificación urbana	120
4 Conclusiones y recomendaciones	123
Referencias	129
Anexos	137
Anexo 1: La gestión de residuos de construcción como contribución a la reducción del cambio climático y al desarrollo de ciudades sostenibles	138
Anexo 2: Diagnóstico fitosanitario de las compensaciones forestales y su relación con las aves en el parque de la Vida	141
Anexo 3: Análisis del desempeño institucional ambiental en la Localidad de Kennedy, periodo 2016, a partir de la información del Observatorio Ciudadano	148



Anexo 4: Determinación de la presencia de Carbosulfán por cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC) en suelos usados para la producción de papa en el municipio de Villapinzón, Cundinamarca	151
Anexo 5: Diseño y fabricación de un vehículo eléctrico para uso compartido en Bogotá	153
Anexo 6: Propuesta de etiquetado vehicular en pro de la eficiencia energética y la reducción de emisiones GEI para Colombia, basada en experiencia internacional	158
Anexo 7: Cambiar es nuestro arte	161
Anexo 8: Evaluación de la producción de bioetanol a partir de la celulosa microbiana obtenida por medio de vinaza	163
Anexo 9: Evaluación de la calidad del aire en Patio Bonito, Colombia	168





**“Las ciudades son
hervideros de ideas,
comercio, cultura,
ciencia, productividad,
desarrollo social
y mucho más. En
el mejor de los
casos, las ciudades
han permitido
a las personas
progresar social y
económicamente”¹**

.....

1. Agenda de Desarrollo 2030, ODS 11: lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros y resilientes.



Prólogo

Aunque los efectos del cambio climático son ampliamente conocidos a nivel mundial, en Colombia todavía falta mayor conocimiento y sensibilización acerca de la protección del medio ambiente y la gestión de los riesgos ambientales. Más aun, existe un particular desconocimiento técnico acerca de cómo abordar problemáticas relacionadas con su cuidado y preservación.

Por esto, la Fundación Konrad Adenauer, KAS, ha reafirmado durante los últimos años su interés en promover iniciativas que, por un lado, conduzcan a la formación y capacitación alrededor de estos temas, y por otro, contribuyan a su posicionamiento en la agenda pública.

Como resultado de este ejercicio, en el año 2017 decidimos apoyar al Centro de Estudios para el Desarrollo Sostenible, CEID Colombia, en la realización de una nueva versión del Congreso Internacional de Medio Ambiente. De manera especial, nos dimos a la tarea de analizar “El rol de las ciudades en la implementación del Acuerdo de París y el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible” con el fin de socializar en el país, iniciativas internacionales de interés para el desarrollo sostenible de las ciudades.

Este es un tema que desde la KAS consideramos fundamental, principalmente por el impacto que tienen las ciudades en la calidad de vida de las personas y en el desarrollo social y económico de los países. Pero, además, porque sabemos que las áreas urbanas constituyen elementos relevantes para mitigar los efectos producidos por el cambio climático y son fundamentales en la transición hacia modelos energéticamente sostenibles.

La publicación que aquí presentamos recoge los principales aportes y recomendaciones de los temas abordados en el X Congreso Internacional de Medio Ambiente. Es también el resultado de la necesidad de promover iniciativas y políticas públicas que conduzcan hacia un sistema más sostenible y en beneficio del ambiente y la sociedad, asuntos que consideramos deberían ser prioritarios en la agenda.

Asimismo, estamos convencidos de que es tiempo de generar fuentes alternativas de energía y estrategias de mitigación de los efectos del cambio climático como herramientas para lograr no solo ciudades sino sociedades energéticamente sostenibles.

Por esta razón, esperamos que las personas interesadas encuentren en esta publicación una herramienta que facilite la reflexión alrededor de estos temas, y que sirva de inspiración para la formulación de políticas públicas que impulsen el desarrollo sostenible de las ciudades colombianas.

Finalmente, queremos agradecer y destacar la labor desarrollada por el equipo de profesionales de CEID Colombia, Lina María Puerto y Alejandra Cifuentes, bajo la dirección de Gilberto Rincón.

Dr. Hubert Gehring

Representante

Fundación Konrad Adenauer en Colombia



Introducción

Ciudades y comunidades sostenibles





Las ciudades se constituyen como importantes centros de actividad productiva y crecimiento económico. Se estima que para 2030, el área cubierta por las ciudades se triplicará (UN Habitat, 2012), lo que será reflejado, entre otros aspectos, en mayores emisiones de gases de efecto invernadero, GEI, escasez de recursos naturales y deficiencia en la prestación de servicios básicos. Promover el desarrollo de infraestructura sostenible y resiliente, energía asequible y no contaminante, sistemas de transporte limpio, así como cambios en los patrones de producción y consumo, puede llevar a la construcción de asentamientos urbanos equitativos, seguros y sostenibles.

El crecimiento urbano incontrolado y no planificado aumenta la vulnerabilidad de las ciudades a los desastres (United Nations, 2015). De acuerdo con el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático –IPCC, por su sigla en inglés–, los riesgos del cambio climático se concentran en las áreas urbanas (IPCC, 2014a), en donde hay una fuerte densidad de personas y actividades económicas. No tomar acciones de mitigación y adaptación en las ciudades compromete el cumplimiento del objetivo del Acuerdo de París de mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de los 2 °C con respecto a niveles preindustriales y ahondar esfuerzos para limitarlo a 1,5 °C, pues dicho objetivo contempla a las urbes como actores relevantes en la mitigación y adaptación al cambio climático, por jugar un papel fundamental en la transición hacia modelos energéticamente sostenibles.

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible reconoce que el futuro del planeta depende crucialmente de las ciudades y de la manera como la gente vive en ellas. El ODS 11 hace un llamado para lograr

que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Lo anterior es especialmente importante en América Latina y el Caribe, dado que la región ha sido considerada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Cepal, como la más urbanizada del mundo, con casi el 80% de su población viviendo en áreas urbanas (Cepal, 2017).

Teniendo en cuenta este contexto, en la planificación de las ciudades se deben considerar elementos innovadores que permitan superar asuntos críticos, como sistemas de transporte; gestión de tráfico de vehículos; tratamiento de residuos sólidos y aguas residuales; edificios de bajo consumo de energía, entre otros aspectos que lleven a reducir el impacto ambiental negativo *per cápita* de las ciudades y a disminuir su vulnerabilidad al cambio climático.








En este escenario y en el marco de la Nueva Agenda Urbana, producto de la conferencia de Naciones Unidas sobre Vivienda y Desarrollo Urbano Sostenible, Hábitat III, llevada a cabo en Quito, Ecuador, en 2016, el Centro de Estudios para el Desarrollo Sostenible, CEID Colombia, y la Fundación Konrad Adenauer, KAS, realizaron el X Congreso Internacional de Medio Ambiente cuyo tema fue “El rol de las ciudades en la implementación del Acuerdo de París y el cumplimiento de los ODS”. Dicho evento tuvo lugar en Bogotá, Colombia, los días 24 y 25 de octubre de 2017.

El Congreso contó con la presencia de más de 400 asistentes y tuvo como objetivo socializar en Colombia iniciativas internacionales de interés para el desarrollo sostenible de las ciudades, con el fin de dinamizar en el país la formulación e implementación de proyectos, políticas públicas y oferta académica.





En el evento se trataron temas relevantes para el cumplimiento de los compromisos internacionales plasmados en la Nueva Agenda Urbana, el Acuerdo de París y la Agenda 2030, entre los que se encuentran:

-  Vulnerabilidad de las ciudades al cambio climático
-  El rol de las ciudades para la implementación del Acuerdo de París
-  El cumplimiento de la Agenda 2030 y sus ODS en asentamientos humanos
-  Calidad del aire, salud y bienestar
-  Energía asequible y no contaminante
-  Infraestructura sostenible y resiliente
-  Producción y consumo sostenibles

Esta publicación sintetiza las principales conclusiones y recomendaciones de los temas discutidos en el X Congreso, durante las conferencias principales y en los paneles de discusión, haciendo énfasis en el rol de las áreas urbanas para enfrentar el cambio climático y lograr asentamientos humanos seguros, resilientes y sostenibles. Los contenidos aquí descritos están dirigidos a los tomadores de decisión, líderes políticos, actores claves de los sectores público y privado, la academia y la sociedad civil, y tienen como objetivo despertar el interés y servir de inspiración para la formulación de políticas públicas que impulsen el desarrollo sostenible de las ciudades colombianas.

En el primer capítulo se presentan los antecedentes y un breve estado del arte de las temáticas tratadas en el X Congreso con el fin de introducir al lector en el contexto internacional que ha impulsado el desarrollo sostenible de las ciudades. El segundo sintetiza las presentaciones realizadas por los conferencistas internacionales, así como las discusiones producto de los paneles, en donde participaron actores locales de los sectores público, privado y académico.

En el capítulo tercero, se presentan experiencias e iniciativas internacionales de sostenibilidad urbana que pueden inspirar la formulación de políticas públicas y el desarrollo de proyectos en Colombia, se analizan las temáticas presentadas en el Congreso a la luz del contexto nacional y se hace énfasis en el cumplimiento de los ODS y la vulnerabilidad al cambio climático de las ciudades colombianas. Finalmente, se despliegan las conclusiones y recomendaciones y, como anexos, los proyectos de investigación que fueron socializados en el marco de este evento y que contribuyen a avanzar hacia ciudades y asentamientos humanos seguros, resilientes y sostenibles.

Esperamos que esta publicación sea una guía para la toma de decisiones y haga de espacios como el Congreso Internacional de Medio Ambiente, escenarios de discusiones productivas en torno a los ejes fundamentales que la agenda nacional de desarrollo urbano debe considerar.

Alejandra Cifuentes
Directora de Proyectos
CEID Colombia



1 Antecedentes y breve estado del arte de las temáticas del X Congreso



1.1 Urbanización: el gran reto del mundo

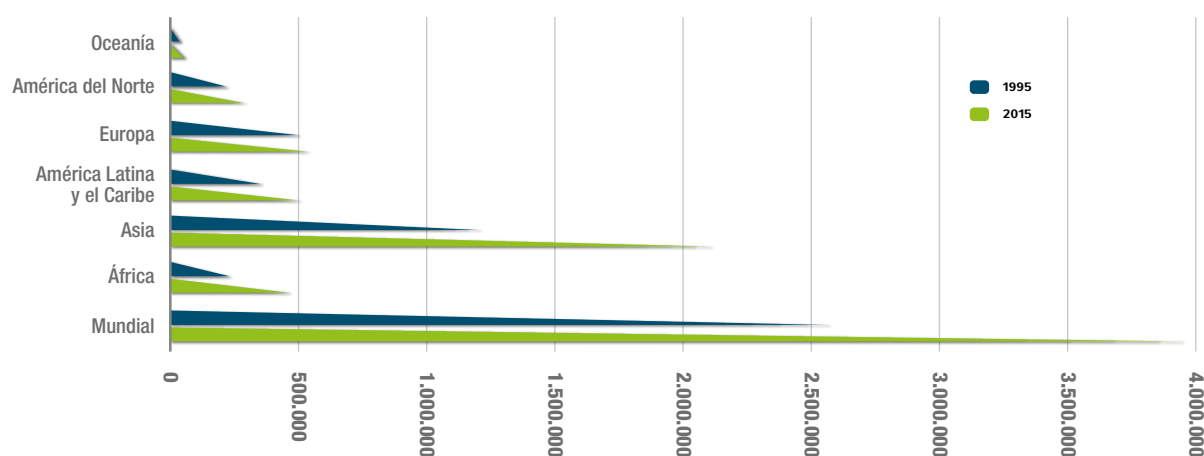
Actualmente, las ciudades enfrentan una serie de desafíos que comprometen su capacidad para proporcionar, en el largo plazo, hábitats seguros y resilientes. La población urbana es altamente vulnerable a riesgos naturales como terremotos y tsunamis, y a riesgos climáticos de tipo antropogénico, como cambios extremos en la temperatura, deslizamientos de tierra e inundaciones, entre otros. Lo anterior, sumado a los patrones insostenibles de producción y consumo, cambios en el uso del suelo, agotamiento de los recursos naturales y contaminación de las fuentes hídricas, hace de la urbanización el gran reto que el mundo debe enfrentar.

La producción y el consumo mundiales se concentran en las ciudades, a pesar de que solo ocupan el 2% de la superficie terrestre del planeta, en ellas se genera el 80% del PIB mundial, consumen el 75% de los recursos naturales, producen el 50% de los residuos y son responsables del 75% de las emisiones de GEI (UNEP, 2013a). Se estima que para 2030 la demanda global de energía y agua en áreas urbanas aumentará en 40% y 50%, respectivamente.

Estas cifras llevan a mencionar que el crecimiento urbano está ligado a una cultura de beneficio económico de corto plazo, en donde la planificación es pensada para un sistema estático que no contempla las interrelaciones naturales, culturales y de infraestructura de las ciudades. Las causas de este comportamiento insostenible pueden variar dependiendo del contexto, pero según Joan Clos, director ejecutivo del programa ONU Hábitat, el crecimiento descontrolado, la privatización de bienes públicos, la falta de regulaciones e instituciones, así como las formas de indolencia colectiva, son a menudo factores a tener en cuenta detrás del actual modelo de urbanización (Clos, 2016).

Desde 1990 el mundo ha experimentado una creciente concentración de la población en las ciudades, pasando de un promedio anual de 57 millones entre los años 1990 y 2000, a 77 millones entre 2010 y 2015. En 1990, 43% de la población mundial, es decir, 2.300 millones de personas, vivía en áreas urbanas; para 2015, esta cifra aumentó a 54%, o sea, 4.000 millones de personas (ONU Ambiente, 2016b). El Gráfico 1 muestra el crecimiento promedio de la población urbana desde 1995 a 2015 en diferentes regiones del mundo.

Gráfico 1. Población urbana a mediados de 1995 y 2015



Fuente: ONU Ambiente (2016b).

Como se observa en el Gráfico 1, Asia ocupa el primer lugar en cuanto a número de habitantes en áreas urbanas, con 2.110 millones de personas, seguido por Europa, África y América Latina. Las ciudades asiáticas se han convertido en puntos críticos

en el sistema de hacinamiento global. La tasa de urbanización de esta región asciende al 48% con el 53% de su población viviendo en las ciudades (ONU Ambiente, 2016b).

La Tabla 1 muestra la tasa de crecimiento urbano entre 1995 y 2015; las cifras evidencian que la mayor tasa de crecimiento ocurrió en los lugares menos desarrollados del mundo y que, entre estos, África ocupa el primer lugar. Tal comportamiento se debe, en cierta medida, a la migración rural-urbana y en algunos países a causa de situaciones negativas como conflictos y desastres (ONU Ambiente, 2016b). Teniendo en cuenta que las ciudades africanas presentan algunos de los mayores índices de pobreza, su tasa de crecimiento indica un mayor desafío para mantener una infraestructura segura y garantizar la prestación de servicios de saneamiento básico, recolección de residuos y acceso a energía.

En contraste, las regiones más desarrolladas, encabezadas por Europa, presentan una reducción en la

tasa de crecimiento urbano, con un promedio en el periodo comprendido entre 1995 y 2015 de 0,31%. En términos de ocupación del suelo en las ciudades, las cifras son alarmantes. Entre los años 1990 y 2000, la población urbana creció a una tasa promedio de 17%, mientras que el área ocupada por las ciudades creció alrededor del 28%. Según las proyecciones realizadas por ONU Ambiente, para 2030 la población urbana de los países desarrollados se duplicará, mientras que el área cubierta por ciudades se triplicará (ONU Ambiente, 2016b). Lo anterior se reflejará en alteración de sistemas ecológicos, aumento en la demanda de recursos naturales y mayor contribución de las áreas urbanas al cambio climático.

Tabla 1. Tasa de crecimiento urbano 1995-2015

Región/Zona	Tasa media de variación anual de la población urbana				Todo el periodo 1995-2015 (%)
	1995-2000 (%)	2000-2005 (%)	2005-2010 (%)	2010-2015 (%)	
Mundo	2,13	2,27	2,20	2,05	2,16
Países de altos ingresos	0,78	1,00	1,00	0,76	0,88
Países de ingreso medio	2,74	2,77	2,61	2,42	2,63
Países de bajos ingresos	3,54	3,70	3,70	3,77	3,68
África	3,25	3,42	3,55	3,55	3,44
Asia	2,79	3,05	2,79	2,50	2,78
América Latina y el Caribe	2,19	1,76	1,55	1,45	1,74
Europa	0,10	0,34	0,34	0,33	0,31
América del Norte	1,63	1,15	1,15	1,04	1,24
Oceanía	1,43	1,49	1,78	1,44	1,53

Fuente: ONU Ambiente (2016b).

Estas cifras llevan a analizar la transición de grandes² ciudades en Asia, África y América Latina a megaciudades³ para 2030. En 1995, a nivel mundial existían 22 grandes ciudades y 14 megaciudades, para 2015 el número en ambas categorías se había duplicado. Esta tendencia se ha presentado con mayor frecuencia en países en desarrollo (ONU Ambiente, 2016b). Lo anterior se evidencia en los mapas 1 y 2, que muestran los patrones globales de urbanización en 1995 y 2015.

.....

2 Las grandes ciudades son definidas como aquellas que tienen entre 5 y 10 millones de habitantes.

3 Las megaciudades tienen más de 10 millones de habitantes.

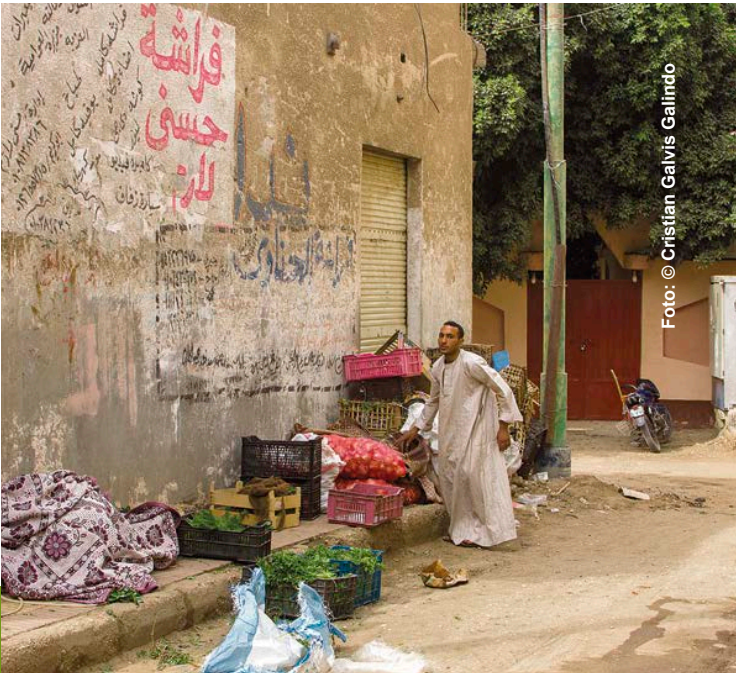
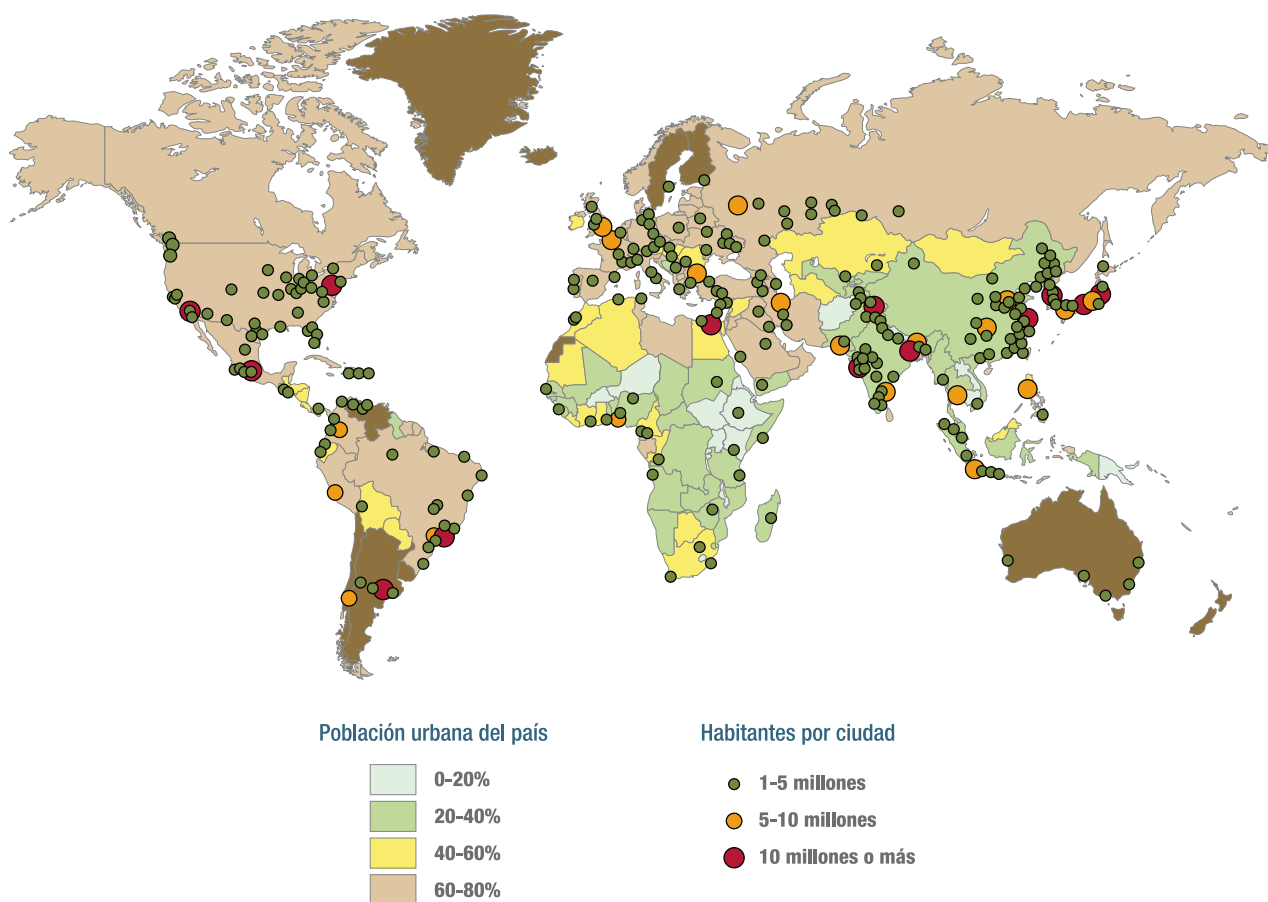


Foto: © Cristian Galvis Galindo



Mapa 1. Patrones globales de urbanización, 1995



Fuente: ONU Ambiente (2016b).

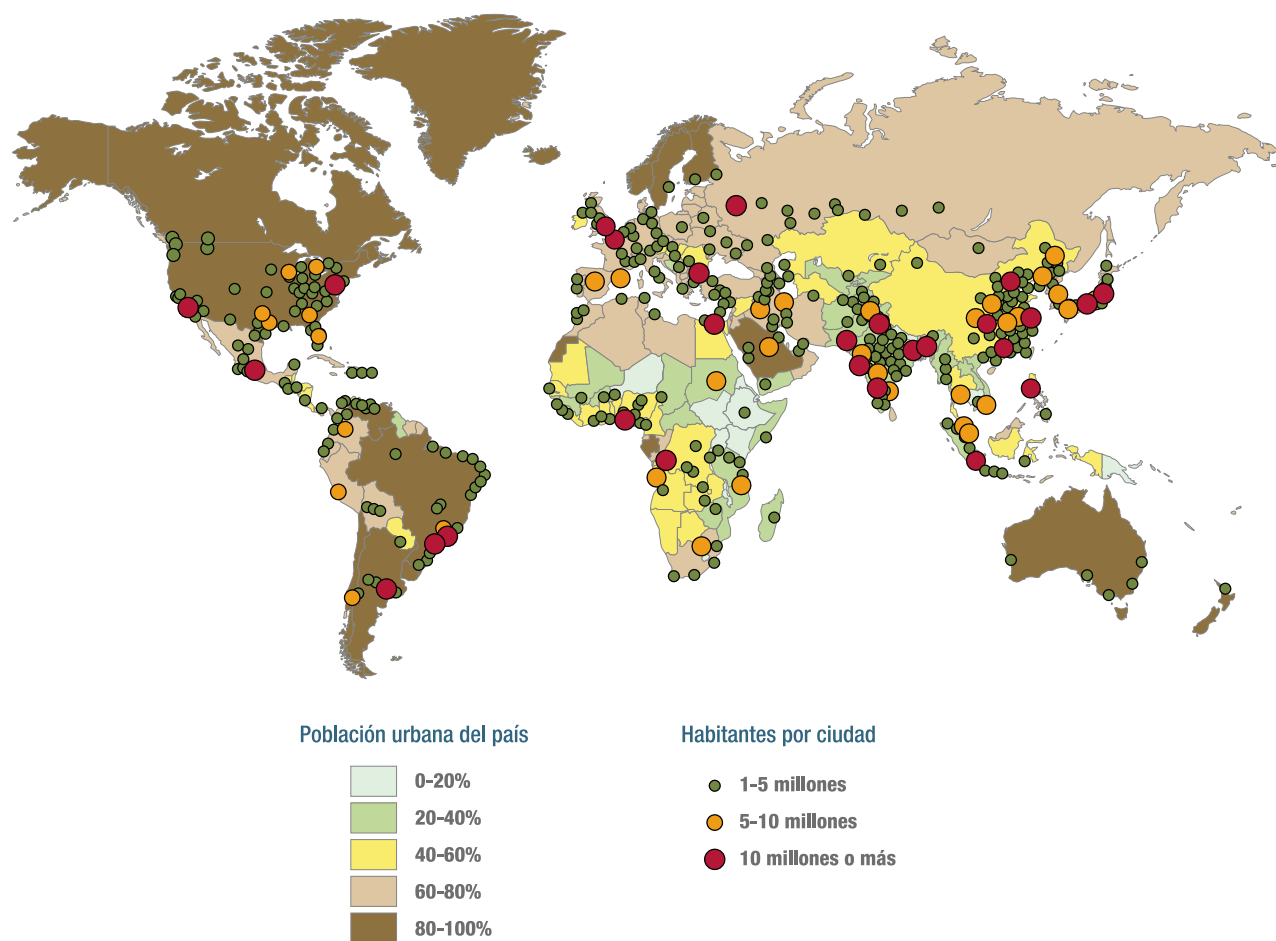
Los mapas 1 y 2 permiten analizar que las ciudades de más rápido crecimiento son aquellas que cuentan con menos de un millón de habitantes, lo que supone que no solo las grandes y megaciudades son focos de atención; por el contrario, las pequeñas áreas urbanas representan una oportunidad para planificar su crecimiento bajo un modelo sostenible y resiliente, dado que estas representan el 59% de la población urbana mundial (ONU Ambiente, 2016b).

Una tendencia de importancia que conlleva el crecimiento urbano, tanto a nivel poblacional como en ocupación del suelo, es el surgimiento y la consolidación de nuevos barrios ilegales, en donde se presentan escasez de recursos, pocas oportunidades de empleo, altos niveles de riesgo a desastres naturales y aumento en el índice de desigualdad,

entre otros aspectos sociales que dificultan el tránsito hacia asentamientos humanos seguros y sostenibles. Cerca de 1.000 millones de personas, es decir, el 33% de la población urbana de los países en desarrollo, vive en barrios pobres. Si no se enfrenta la situación, dicha tendencia podría resultar en inestabilidad política y social (UN Habitat, 2011a).

Este escenario no es del todo desalentador, pues las urbes tienen un gran potencial para alcanzar objetivos locales y globales de sostenibilidad y resiliencia. El futuro emergente de las ciudades dependerá, en cierta medida, del cambio de paradigma en la forma como se construyen, planifican y gobiernan las áreas urbanas, lo que puede mejorar la resiliencia de las personas y comunidades y disminuir su huella ambiental a escala local, regional y mundial (UNEP, 2016b).

Mapa 2. Patrones globales de urbanización, 2015



Fuente: ONU Ambiente (2016b).

Las ciudades se avizoran como catalizadoras de sostenibilidad. Las decisiones que allí se tomen pueden representar una disminución significativa en los índices de pobreza, hambre y desigualdad, mejorar la calidad de vida al proporcionar servicios básicos como saneamiento y recolección de residuos sólidos, reducir las emisiones de GEI y avanzar en el cumplimiento de las metas de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible. Las intervenciones en las urbes deben estar priorizadas a través del desarrollo de políticas públicas que aborden temas fundamentales, entre los que se destacan: infraestructura, movilidad, salud, educación, conectividad ecológica, capacidad de adaptación y resiliencia climática, gobernanza ciudadana, tecnología, logística y acceso a servicios públicos.

El Gráfico 2 resume algunos aspectos a considerar en el desarrollo de políticas públicas de sostenibilidad urbana y resiliencia; así mismo, detalla la orientación de resultados y la gobernanza necesaria para el cumplimiento de sus objetivos.



Gráfico 2. Priorizando acciones de política pública en las ciudades



Fuente: elaboración propia, adaptando información disponible en UNEP (2016).

1.2 Ciudades latinoamericanas: planificación hacia la sostenibilidad

En diferentes regiones de mundo, pero en especial en América Latina, los desequilibrios entre la geografía, la ecología, la economía, las dinámicas poblacionales y la institucionalidad, han generado que los “futuros emergentes” de las ciudades sean poco prometedores. El rápido crecimiento demográfico y territorial, sumado a la expansión de las actividades económicas y productivas y al crecimiento de la huella ambiental de las ciudades, se refleja en importantes retos administrativos para las autoridades urbanas de la región (ONU Ambiente, 2016b).

El proceso de urbanización en América Latina es una de las grandes preocupaciones mundiales, casi al

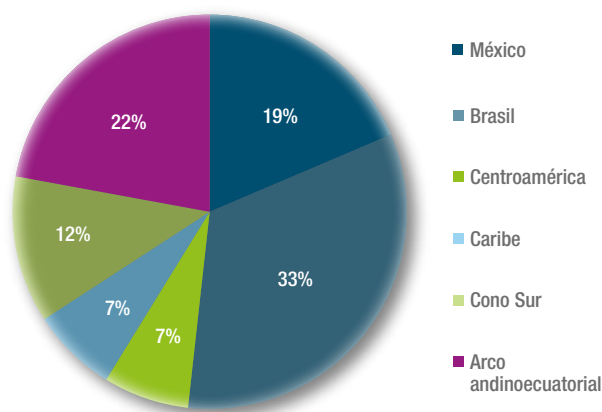
mismo nivel del cambio climático, donde, por ejemplo, países como Argentina y México han experimentado un abrupto crecimiento en sus tasas de urbanización, pasando de 47% a 76% en pocos años (BID, 2017). Actualmente, el porcentaje urbanizado de la región es casi del 80%, el más alto del planeta, superando a Asia y África y es mayor al del grupo de países más desarrollados. A 2025 podría llegar a 84% (ONU Hábitat, 2012a).

Desde inicios del siglo pasado, la población de la región se ha multiplicado por ocho, pasando de 60 millones de habitantes a cerca de 588 millones en el año 2010 (UNDESA, 2010). Como se observa en

el Gráfico 3, la distribución demográfica es bastante desigual y se concentra en dos países, México y Brasil con el 18,5% y 33% de la población total de América Latina y el Caribe, respectivamente, lo que sumado a la tasa de migración de las áreas rurales

hacia las ciudades, ha excedido las capacidades de los actuales modelos de planificación urbana y ha generado, entre otros problemas, degradación y baja disponibilidad de recursos naturales.

Gráfico 3. Distribución demográfica por subregiones y países de gran tamaño, 2010



Fuente: ONU Hábitat (2012a).

En 1950, en América Latina cuatro de cada diez habitantes vivían en ciudades; actualmente, son siete de cada diez y se estima que para 2050 serán nueve de cada diez (ONU Hábitat, 2012a). Lo anterior lleva a considerar que, de no tomar acciones de planificación urbana sostenible, las ciudades en la región generarán mayor presión sobre los recursos escasos, los niveles de pobreza aumentarán y la vulnerabilidad al cambio climático será cada vez mayor. Este rápido y continuo crecimiento demográfico urbano se refleja en los siguientes retos para las ciudades de la región (Satterthwaite, 2006):

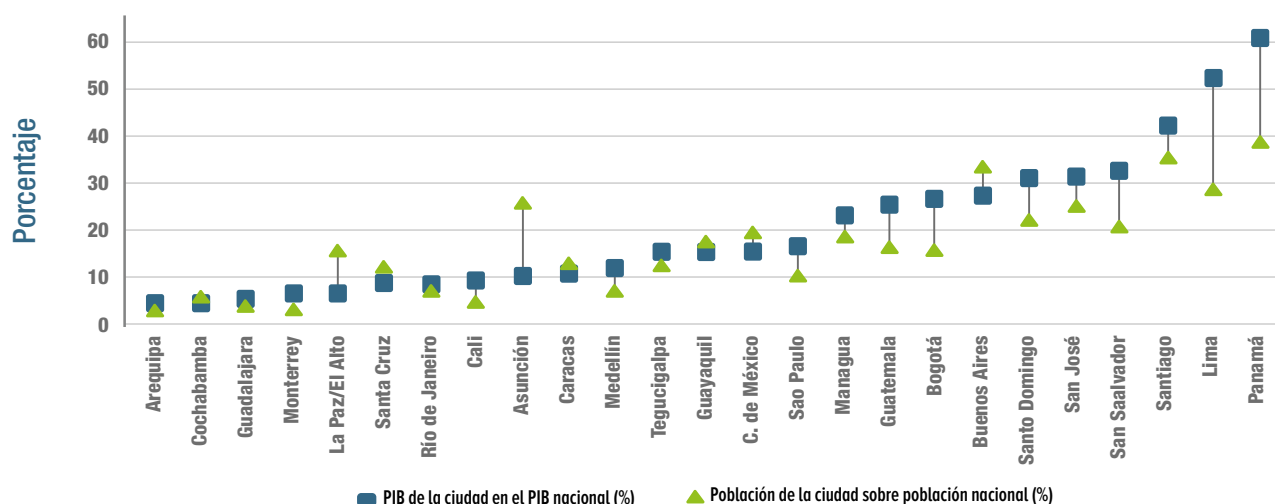
- 🏠 Bajos niveles de provisión de infraestructura y poca mejora, especialmente en saneamiento y conectividad vial entre las ciudades
- 🏠 Políticas ineficaces de vivienda y en general inadecuada planificación urbana, que se ve reflejada en una alta proporción de residentes urbanos habitando en barrios vulnerables e ilegales
- 🏠 Densificación urbana, que trae consigo expansión de las ciudades y aumento en la demanda de transporte

- 🏠 Inadecuada provisión de espacios públicos y verdes
- 🏠 Altos niveles de pobreza (una de cada cuatro personas en áreas urbanas de América Latina vive en estado de pobreza)
- 🏠 Desigualdad y marginalización de grupos diversos (la desigualdad en ingresos económicos es extremadamente elevada)
- 🏠 Altos niveles de empleo informal, desempleo y lento crecimiento del empleo formal, especialmente en la población joven
- 🏠 Disminución de la calidad ambiental
- 🏠 Gobernanza débil y bajo suministro de bienes públicos
- 🏠 Finanzas municipales débiles, con una base baja de recaudación
- 🏠 Poca capacidad para prepararse, atender, soportar y recuperarse ante desastres
- 🏠 Deficiente administración de los vínculos urbano-rurales potencialmente productivos

En términos económicos, las 40 ciudades principales de Latinoamérica producen anualmente 842.000 millones de dólares, es decir, dos tercios del PIB de la región, según ONU Hábitat (2012b). Por otro lado, en 2012, las áreas urbanas de la región presentaron un panorama alentador, en la medida en que varios países habían condonado gran parte de su deuda interna

y como resultado se dio un aumento en el potencial productivo de las ciudades (ONU Hábitat, 2012a), lo que fue un determinante para su configuración actual y las condiciones de vida de sus habitantes. El Gráfico 4 muestra la participación del PIB de ciudades principales en América Latina y su relación con el peso demográfico con respecto a la población nacional.

Gráfico 4. Participación del PIB de ciudades principales en América Latina y su relación con el peso demográfico con respecto a la población nacional



Fuente: ONU Hábitat (2012a).

A nivel ecológico, América Latina posee el 39% del total de recursos hídricos renovables de la Tierra (PNUMA, 2010). A pesar de ello, la disponibilidad de agua es bastante desigual (ONU Hábitat, 2012a). La demanda de este recurso en áreas urbanas se ha incrementado 76% en 15 años (PNUMA, 2010). Con respecto a bosques, la región acoge el 23% del área boscosa existente en el mundo; sin embargo, es la región que presenta una de las tasas de deforestación más elevadas del planeta (Cepal, 2010). De acuerdo con el Global Footprint Network, el consumo anual *per cápita* para América Latina en 2007 era de 2,6 hectáreas globales (hag); en contraste, se estima que su capacidad biológica es de 5,5 hag. Es decir que la región ejerce menos presión sobre su entorno natural que lo que puede soportar. A pesar de lo anterior, al analizar individualmente 22 de los países latinoamericanos para los que la huella ambiental está disponible, se encuentra que 11 superan la capacidad de carga de

sus ecosistemas, en términos de aprovechamiento de sus recursos naturales (Global Footprint Network, 2010), problemática que se relaciona estrechamente con el crecimiento descontrolado de las ciudades.

Finalmente y teniendo en cuenta la participación de las ciudades en la economía de la región, su alta tasa de urbanización y su dependencia de los recursos naturales para garantizar su integridad física y abastecimiento de agua, alimentos, materias primas y energía, resulta necesario adoptar políticas públicas integrales, con un enfoque territorial y espacial, que permitan avanzar hacia urbes y asentamientos humanos ambientalmente sostenibles, resilientes, socialmente inclusivos, seguros y mejor conectados (ONU Ambiente, 2016b). Estas políticas deben favorecer una transición sostenible de las áreas rurales a las ciudades, garantizar una configuración urbana que preserve y extienda la estructura ecológica,



teja corredores biológicos a lo largo de su territorio, reduzca el impacto negativo del desarrollo urbano sobre los ecosistemas y preserve la biodiversidad.

1.3 La Nueva Agenda Urbana

Aunque la urbanización tiene el potencial de hacer que las ciudades sean más prósperas e impulsar el desarrollo de los países, muchas ciudades en el mundo no están preparadas para los cambios multidimensionales asociados a la urbanización. De acuerdo con el *Reporte de las Ciudades en 2016* realizado por ONU Ambiente, el actual modelo de planificación urbana es insostenible. En materia ambiental, concibe una suburbanización de baja densidad, dominada mayormente por el interés privado en lugar del público y parcialmente facilitada por la dependencia del automóvil propio, lo cual implica un alto consumo de energía que se ve reflejado en mayores emisiones de GEI, situación por la que se cataloga a las ciudades como principales contribuyentes al cambio climático. A nivel social, genera múltiples

formas de desigualdad, exclusión y privación, lo que a su vez, crea desigualdad y ciudades divididas que se caracterizan por ser comunidades cerradas y con zonas marginales (ONU Ambiente, 2016b).

En términos económicos, al interior de las ciudades se presentan altos índices de desempleo, especialmente en la población joven, así como prevalencia de trabajos inestables, mal pagos y desarrollo de actividades que generan ingresos informales (PNUMA, 2016a). Lo anterior se refleja en dificultades económicas, acceso desigual a los servicios y equipamientos urbanos y en algunos segmentos de la población, un bajo índice de calidad de vida.

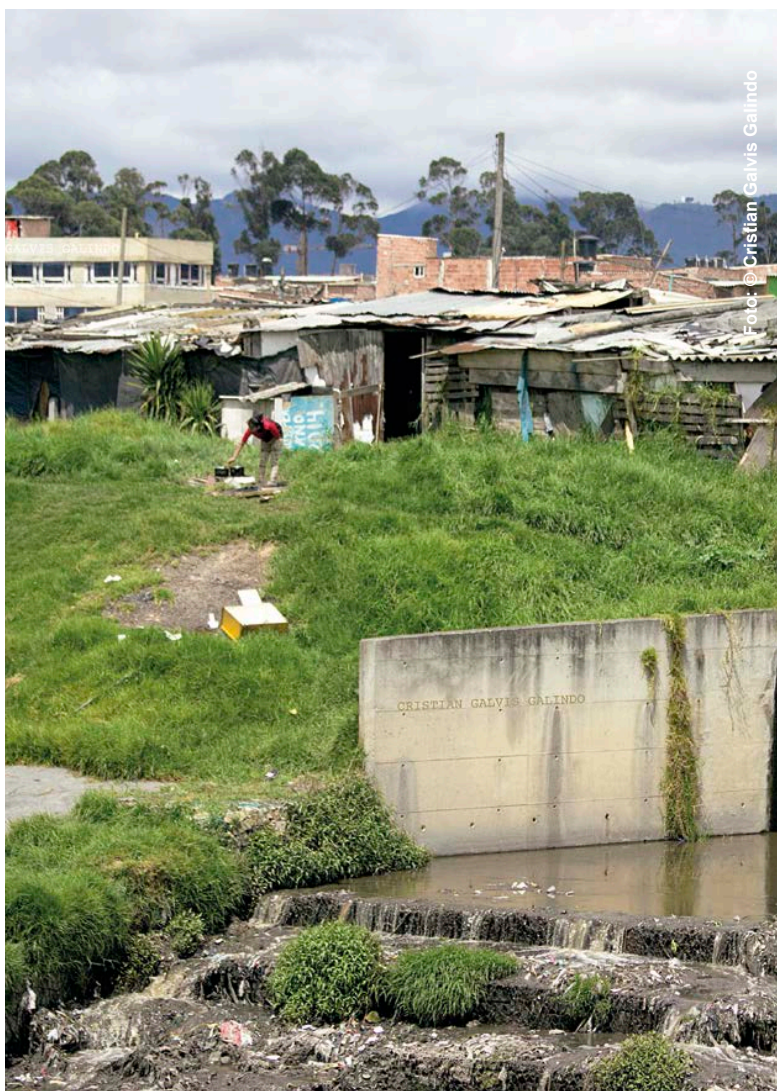
Las ciudades crean riqueza, generan empleos e impulsan el progreso humano, pues aprovechan las fuerzas de la aglomeración y la industrialización (ONU Ambiente, 2016b). Muchas urbes con rápido crecimiento continúan expandiéndose, los barrios vulnerables cada vez son más comunes, hay un incremento de la pobreza y la desigualdad y el deterioro ambiental son críticos. Bajo este contexto, surge la Nueva Agenda Urbana (Hábitat III-2016) como un instrumento que reorienta la manera en que se planifican y desarrollan las ciudades. Es la hoja de ruta que ayudará a poner fin a la pobreza y el hambre en todas sus formas; reducir desigualdades; promover un crecimiento económico sostenible; mejorar la salud humana; fomentar la resiliencia y proteger el ambiente (ONU Hábitat, 2016).

“La Nueva Agenda Urbana ofrece una posibilidad única de alcanzar los objetivos estratégicos globales aprovechando las fuerzas transformadoras de la urbanización, que acompañada de políticas públicas, diseño y planeación sostenibles, acciones locales, participación intersectorial y multiactor, puede llevar a la consolidación de asentamientos humanos seguros y resilientes”⁴.



.....

4 Alejandra Cifuentes, Ingeniera Ambiental, Directora de Proyectos, CEID Colombia.



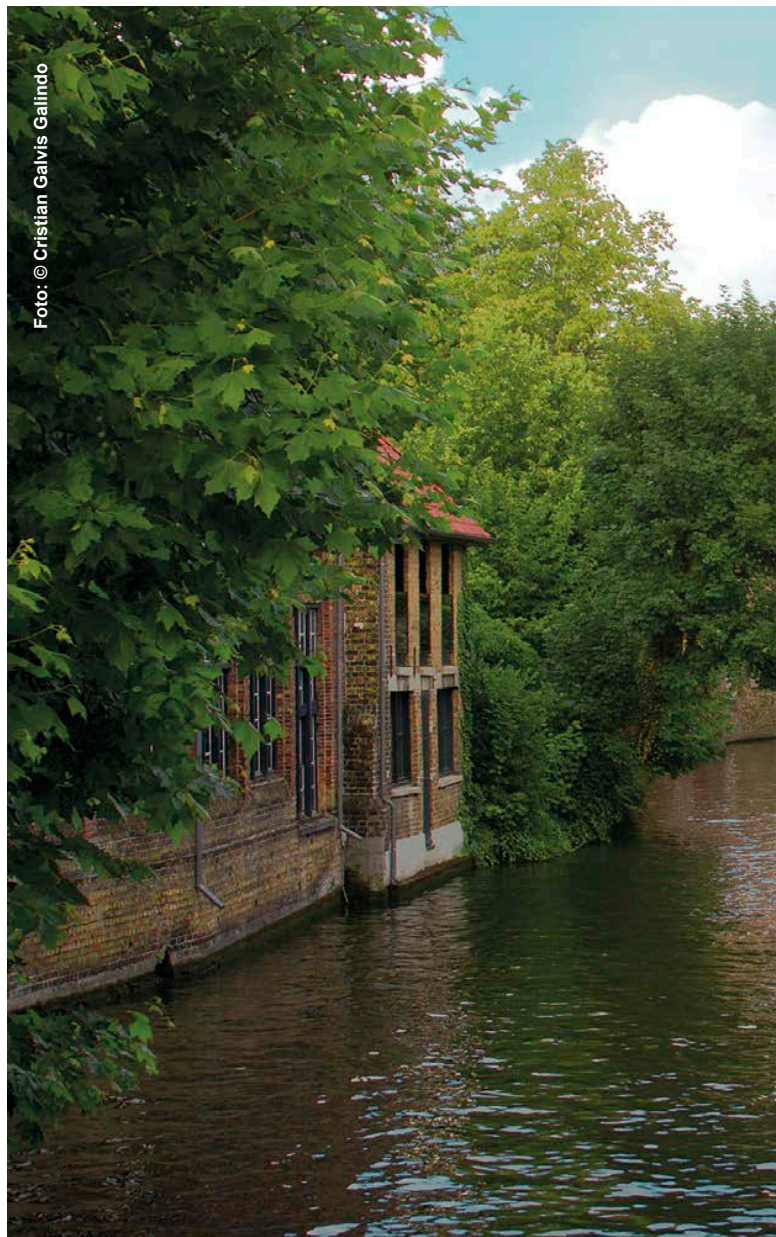
La implementación de la Nueva Agenda Urbana contribuye a la aplicación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de manera integrada, bajo el marco del ODS 11 “ciudades y comunidades sostenibles”. Según esta nueva agenda, las ciudades deben:

- 🏠 Cumplir su función social, entre ellas la función ecológica de la tierra con miras a lograr un nivel de vida adecuado.
- 🏠 Afrontar desafíos y aprovechar las oportunidades para generar un crecimiento económico inclusivo y sostenible.
- 🏠 Cumplir sus funciones territoriales más allá de los límites administrativos y actuar como impulsoras de un desarrollo territorial equilibrado.
- 🏠 Invertir en movilidad urbana sostenible, segura y asequible.
- 🏠 Aprobar y poner en práctica políticas de reducción y gestión de riesgos frente a desastres naturales.
- 🏠 Proteger, conservar, restablecer y promover sus ecosistemas, recursos hídricos, hábitats naturales y la diversidad biológica.
- 🏠 Reducir su impacto ambiental y transitar hacia la adopción de modalidades de consumo y producción sostenibles.

De acuerdo con esta hoja de ruta, las instituciones, el conocimiento y la cohesión social son vitales para hacer posible la adaptación, respuesta y recuperación de las ciudades. Los procesos de diseño deben vincularse a las características complejas e interdependientes de los sistemas urbanos y la diversidad de sus habitantes (UNEP, 2016b).

La Nueva Agenda Urbana representa un cambio de paradigma hacia un nuevo modelo de urbanización que sea capaz de reaccionar ante los retos poblacionales y de agotamiento de recursos naturales que enfrentan las ciudades. Esta hoja de ruta contempla criterios universales a la hora de su implementación en diferentes contextos e integra una visión centrada en la gente. La efectividad de su implementación dependerá de la relevancia para los gobiernos y los habitantes urbanos, en la medida en que los líderes políticos y tomadores de decisión logren integrarla con sus objetivos a mediano, corto y largo plazo.

Foto: © Cristian Galvis Galindo



En términos económicos, esta agenda respalda el crecimiento económico bajo un enfoque de sostenibilidad, a través de una mejor distribución de la tierra, la mano de obra y el capital; propone la creación de nuevas estrategias que favorezcan los negocios y empleos verdes y así fomentar una prosperidad con acceso equitativo a los beneficios de una urbanización sostenible.

Integrar los objetivos de reducción de emisiones de GEI plasmados en el Acuerdo de París, las metas de la Agenda 2030 y las directrices de la Nueva Agenda Urbana dentro de los planes de gobierno a nivel nacional y local, orienta la toma de decisiones hacia el logro de un verdadero “Desarrollo Sostenible”, en donde las ciudades son reconocidas como focos de acción. Las áreas urbanas que son ambientalmente





sostenibles, socialmente influyentes y sin violencia, económicamente productivas y resilientes, pueden contribuir genuinamente al desarrollo, la prosperidad y la sostenibilidad de los países (ONU Ambiente, 2016b). Las decisiones que se tomen en los próximos años con respecto a la planificación en las ciudades, marcarán el futuro emergente del mundo.

1.4 Acuerdo de París: el rol de las ciudades

El Acuerdo de París abre una nueva era de acción climática y representa el esfuerzo mundial más significativo para reforzar la respuesta a la amenaza del cambio climático. Tiene como meta mantener el aumento de la temperatura por debajo de 2 °C con

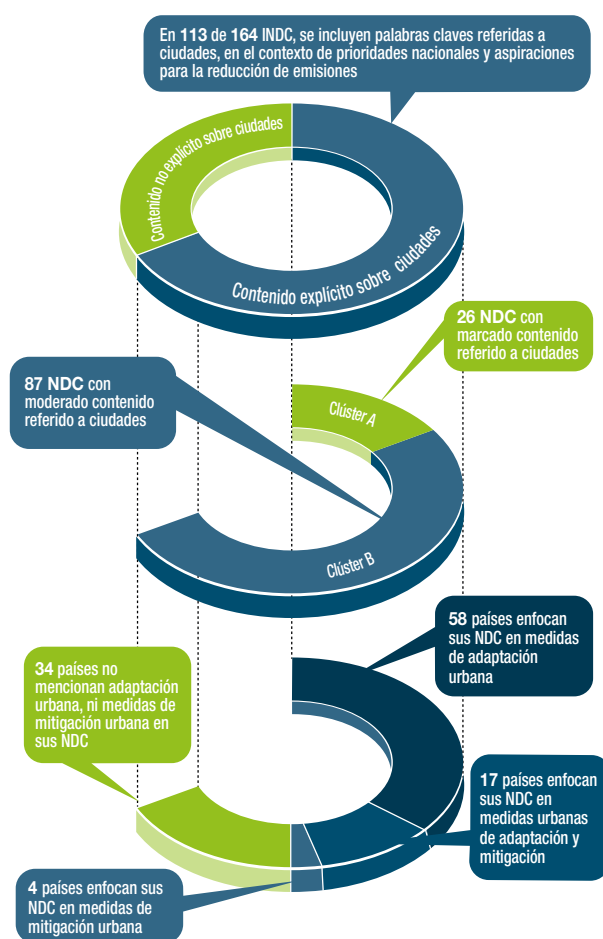
respecto a los niveles preindustriales y ahondar esfuerzos para limitarlo a 1,5 °C. Lo anterior implica una reducción de emisiones de GEI de 55 gigatoneladas proyectadas para 2030, a 40 gigatoneladas (UNFCCC, 2015). Para alcanzar esta meta, las ciudades juegan un papel fundamental, ya que como se ha mencionado, son las responsables del 75% de las emisiones de carbono (UNEP, 2013b).

A nivel mundial, las áreas urbanas se han comprometido y están trabajando por el clima. Quizás entre las metas específicas del Acuerdo la que más se relaciona con las ciudades es aquella en materia de adaptación, en la medida en que detalla la urgente necesidad de “aumentar la capacidad de adaptación a los efectos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de GEI” (UNFCCC, 2015). Las iniciativas diseñadas y dirigidas en las ciudades pueden proporcionar una manera eficaz y económica para alcanzar los objetivos de sostenibilidad globales y las metas del Acuerdo de París.

La urbanización es una gran oportunidad para la adaptación y mitigación del cambio climático. En este sentido, la Nueva Agenda Urbana concibe un modelo donde todos los actores urbanos adopten e implementen estrategias de manejo y reducción del riesgo de desastres, reduzcan su vulnerabilidad, construyan resiliencia y capacidad de respuesta ante riesgos naturales y de origen antropogénico y así promuevan acciones de mitigación y adaptación (UN Habitat, 2017).

A pesar de la voluntad internacional de enfrentar el cambio climático, según la revista *Nature*, en junio de 2016, los esfuerzos previstos en las INDC presentadas hasta esa fecha, mantendrían el aumento de la temperatura alrededor de 2,6 °C a 3,1 °C (*Nature*, 2016). Teniendo en cuenta este escenario, el Acuerdo reconoce a los gobiernos subnacionales y locales como actores imprescindibles para acelerar las acciones transformadoras urbanas y migrar hacia ciudades bajas en carbono, inteligentes, seguras y resilientes (UNFCCC, 2015). La mayoría de los NDC, 113 de 164, presentan una conexión moderada o fuerte con ciudades y establecen una relación clara entre la acción climática y la urbanización. Como en el Gráfico 5 se muestra, 58 de ellas corresponden a medidas de adaptación, 17 mezclan mitigación con adaptación y 4 se centran exclusivamente en mitigación (UN Habitat, 2017).

Gráfico 5. Análisis de los NDC presentados y su relación con ciudades



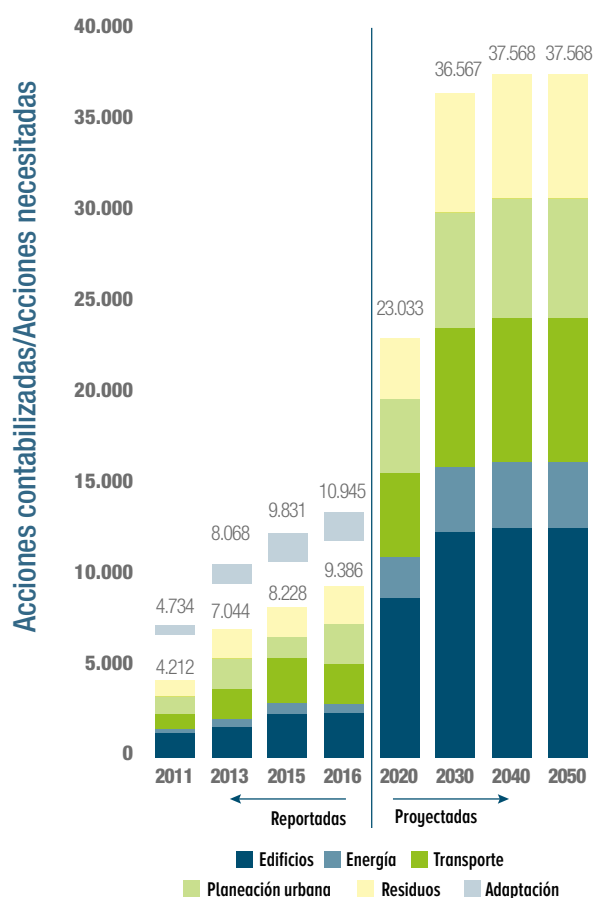
Fuente: UN Habitat (2017).

Los actores urbanos están llamados a incrementar y mejorar sus esfuerzos, tanto en adaptación como en mitigación, lo que incluye una reducción significativa de emisiones en el transporte, la producción de energía eléctrica, el tratamiento de residuos sólidos principalmente, el desarrollo de infraestructura resiliente, el fortalecimiento de la capacidad de respuesta ante desastres y la inclusión del cambio climático de manera holística en la planificación y toma de decisiones de las ciudades (UN Habitat, 2017). A menos que se tomen medidas preventivas, en donde los actores subnacionales juegan un importante rol, se estima que, para 2050, los desastres relacionados con el cambio climático pondrán en riesgo la vida

de 1.300 millones de personas y activos por valor de 158 trillones de dólares, el doble de la producción anual total de la economía en el mundo.

Como se muestra en los gráficos 6 y 7, para 2016 las ciudades habían adoptado cerca de 11.000 acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, pero de acuerdo a proyecciones del reporte *Dead Line 2020* publicado por C40, hacia 2050 se requerirán casi 38.000 acciones para dar cumplimiento a la meta de limitar la temperatura a 1,5 °C, lo que se verá reflejado en la reducción de siete gigatoneladas de CO₂ equivalente por año.

Gráfico 6. Proyección de acciones en mitigación y adaptación en ciudades



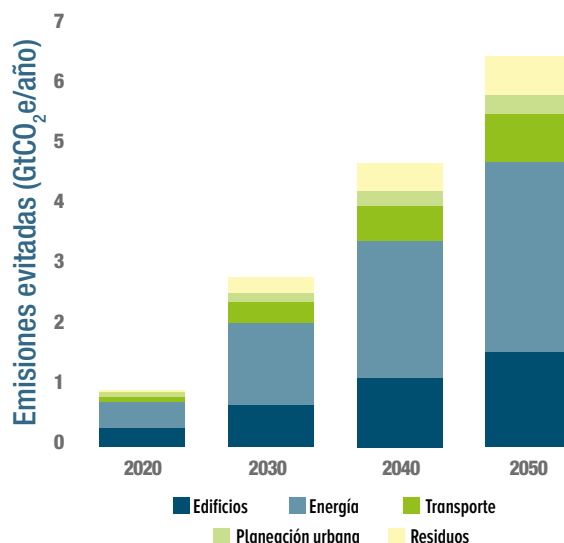
Fuente: C40 (2017).



“Las ciudades que son ambientalmente sostenibles, socialmente incluyentes y libres de violencia, económicamente productivas y resilientes, pueden realmente contribuir al desarrollo de los países”⁵.

.....
5 ONU Ambiente (2016b).

Gráfico 7. Proyección de emisiones evitadas en las ciudades para 2050 en el escenario de 1,5 °C



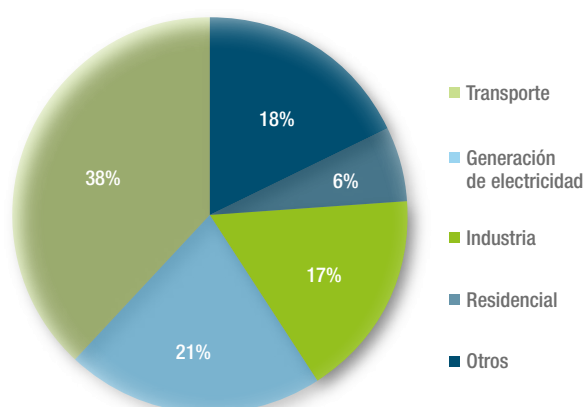
Fuente: C40 (2017).

1.4.1 Participación de las ciudades en las emisiones de GEI

La contribución de las ciudades a las emisiones de GEI se deriva de múltiples factores, tales como: la situación demográfica; el tejido económico; su diseño; la densidad poblacional; su infraestructura; modo y organización de los sistemas de transporte y movilidad; opciones para la producción energética; patrones de consumo y producción de sus habitantes; aspectos sociales y culturales, entre otros. Como se ha mencionado a lo largo del presente documento, las

ciudades son responsables del 75% de las emisiones de carbono (UNEP, 2013b) y representan más del 70% de la demanda de energía (Iveroth & Vernay, 2013). El Gráfico 8 muestra las principales fuentes de emisiones de GEI en áreas urbanas, las cuales están relacionadas con el consumo de combustibles fósiles, principalmente en el transporte (38%), la producción de electricidad (21%) y las actividades industriales (17%) (CDKN, 2017).

Gráfico 8. Participación sectorial en el total de emisiones de CO₂ por quema de combustibles fósiles en las ciudades de América Latina



Fuente: CDKN (2017).



Después del dióxido de carbono, uno de los gases contaminantes de origen antropogénico que más contribuye al cambio climático es el carbono negro. Al ser un contaminante de vida corta, cuenta con un mayor potencial de calentamiento de cerca de 3.000 veces más que el dióxido de carbono emitido en un periodo de 20 años (Dallman, Du, & Minjares, 2017). En las ciudades, el sector transporte es la principal fuente de carbono negro y el responsable de cerca del 20% de las emisiones de este contaminante a nivel global. Para 2015, los vehículos diésel fueron los responsables de más del 95% de estas emisiones, mientras que el transporte público generó el 25% (Minjares, 2015).

Otra de las fuentes generadoras de emisiones de GEI en las ciudades es el manejo de residuos sólidos a través de rellenos sanitarios, principalmente con fallas estructurales y de abastecimiento. Entre el año 2000 y el 2012, los desechos generados en las ciudades se duplicaron, pasando de 680 millones de toneladas a 1.300 millones de toneladas anualmente. Para 2025, se espera que los desechos se dupliquen de nuevo y pasen a 2.200 millones de toneladas (CCAC, 2012). El metano generado como resultado de la descomposición biológica de los residuos sólidos orgánicos, se posiciona como la tercera fuente creada por el hombre de este contaminante, el cual presenta una vida atmosférica promedio de 12 años y un potencial de calentamiento 21 veces mayor que el CO₂ en un horizonte de 100 años (IPCC, 2007).

1.4.2 Ciudades bajas en carbono

Para avanzar hacia ciudades bajas en carbono es necesaria la transición de los combustibles fósiles a las energías renovables, así como el desarrollo de acciones de eficiencia energética que lleven a una reducción significativa de las emisiones de GEI, especialmente en el sector transporte. Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2014c), los tres pilares de la descarbonización profunda y que se deben aplicar para el desarrollo de ciudades bajas en carbono son:

- 🏠 La eficiencia energética en transporte, construcciones y manufactura
- 🏠 La electricidad baja en carbono a partir de fuentes renovables y la captura y almacenamiento de carbono
- 🏠 El cambio a combustibles bajos en carbono

Lograr ciudades cero emisiones y con un reducido impacto ambiental es posible si las autoridades locales aumentan su comprensión con respecto a que la infraestructura, la movilidad, los edificios y los hábitos de los ciudadanos, influyen en la manera como las urbes pueden mitigar y adaptarse al cambio climático.

Para lograr ciudades bajas en carbono se deben considerar, entre otros factores, los cinco pilares para la acción climática que se muestran en el Gráfico 9.

Gráfico 9. Pilares para la acción climática



Fuente: Forética (2017).

Siguiendo los pilares de la acción climática propuestos por Forética para avanzar hacia ciudades bajas en carbono, los planificadores urbanos deben considerar las acciones establecidas en la Tabla 2 (Forética, 2017).

Tabla 2. Acciones para avanzar hacia ciudades bajas en carbono

Pilar	Acciones
Movilidad urbana	🏠 Diseño, desarrollo e implementación de planes y programas de movilidad urbana
	🏠 Optimización de las rutas logísticas
	🏠 Despliegue de sistemas de transporte inteligentes necesarios para la planificación de la movilidad urbana
	🏠 Fomento del uso del transporte público, favoreciendo su accesibilidad, facilidad de uso, integración tecnológica e inclusión social
	🏠 Fomento del uso racional del vehículo privado
	🏠 Fomento del uso de transportes más eficientes en emisiones de GEI, como vehículos eléctricos o con combustibles alternativos
	🏠 Fomento del vehículo no motorizado y de los vehículos de transporte colectivo
	🏠 Nuevos modelos de negocio, como los basados en la economía colaborativa
Conexiones e infraestructura (planificación urbana)	🏠 Diseño e implementación de planes urbanos con criterios de sostenibilidad integrados a otros planes y políticas
	🏠 Implementación de proyectos tecnológicos que permitan monitorear los indicadores más relevantes
	🏠 Planificación de la ubicación de edificios y nuevos centros de trabajo
	🏠 Optimización de las vías de conexión dentro de la ciudad y con sus alrededores
	🏠 Utilización de materiales sostenibles, eficientes y resistentes en el desarrollo de infraestructuras
	🏠 Ubicación de zonas e infraestructuras verdes
	🏠 Desarrollo de herramientas informativas para los ciudadanos



Pilar	Acciones
Energía: eficiencia y renovables	🏠 Monitoreo de los consumos energéticos
	🏠 Desarrollo de redes eléctricas inteligentes y robustas
	🏠 Rehabilitación energética de edificios
	🏠 Planificación de acciones para la reducción del consumo energético: iluminación, climatización, refrigeración, etcétera
	🏠 Desarrollo e implementación de medios de transporte sostenibles
	🏠 Fomento del consumo de combustibles alternativos
	🏠 Integración eficiente de las energías renovables
Estilos de vida sostenibles y saludables	🏠 Desarrollo de campañas de sensibilización y concientización hacia una alimentación más sana y la importancia del ejercicio físico
	🏠 Sensibilización en materia de consumo responsable
	🏠 Sensibilización respecto a los impactos ambientales y sociales del transporte privado y beneficios del transporte colectivo y de los vehículos no motorizados
	🏠 Fomento del uso de la tecnología como aliado para el desarrollo de estilos más sostenibles
Innovación y sostenibilidad	🏠 Desarrollo de acuerdos de compensación fiscal entre los gobiernos nacionales y municipales
	🏠 Opciones de financiación alternativa innovadora, como bonos o créditos verdes
	🏠 Fondos para la financiación de la lucha contra el cambio climático

Fuente: Adaptado de Forética (2017).

1.5 Cambio climático en las ciudades: retos y oportunidades

Como se mencionó anteriormente, entre 1950 y 2005, el nivel de urbanización creció de 29% a 49%, mientras las emisiones de carbono provenientes de la quema de combustibles fósiles se elevaron en casi 500%. La comunidad científica ha reportado el 2015 como el año más caliente en la historia, con una temperatura promedio anual de 0,75 °C más cálida que el promedio mundial (BBC, 2016).

En las ciudades se concentra el desarrollo de los países en términos de actividades económicas, industrias, hogares, etcétera, que son focos de consumo de energía, agua y ocupación del suelo. El cambio climático, a pesar de ser un fenómeno global, representa un problema local, ya que las áreas urbanas juegan un papel crucial en la reducción de emisiones de GEI; de ahí que ha surgido como un asunto fundamental en las agendas urbanas (ONU Hábitat, 2011)

En las áreas urbanas, el cambio climático se refleja principalmente en intensas olas de calor, fuertes precipitaciones y sequías, lo que puede agravar la capacidad de las instituciones para atender episodios de riesgo. En 2014, el 87% de los desastres estuvo relacionado con el clima, superando los desastres geofísicos; estos se presentaron en su mayoría en países en desarrollo, que son especialmente vulnerables (ONU Ambiente, 2016b). Los cambios abruptos en el clima comprometen el funcionamiento de

las ciudades, lo que trae consigo implicaciones para la economía, la infraestructura, la salud, los servicios básicos, la movilidad y, en términos generales, sobre la calidad de vida de sus habitantes.

La población urbana de escasos recursos, asentada comúnmente en barrios ilegales con déficit de infraestructura, sufre en mayor medida los efectos del cambio climático (ONU Ambiente, 2016b). El Gráfico 10 muestra algunos riesgos de este fenómeno en las diferentes regiones del mundo. En términos de aumento de la temperatura y olas de calor, las regiones más vulnerables son Europa, América Latina y Norteamérica. Con respecto a fuertes e intensas precipitaciones, América Latina y Europa lideran los lugares más afectados. En relación a sequías, aumento del nivel del mar e inundaciones, Norteamérica y Europa se posicionan como las dos regiones con mayor riesgo (CDP, 2013).

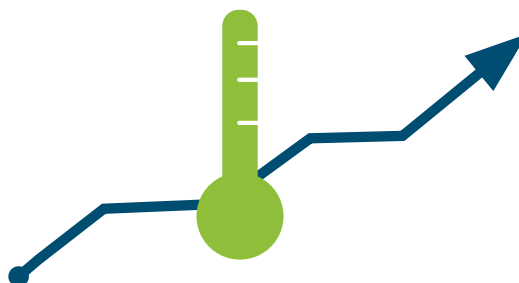
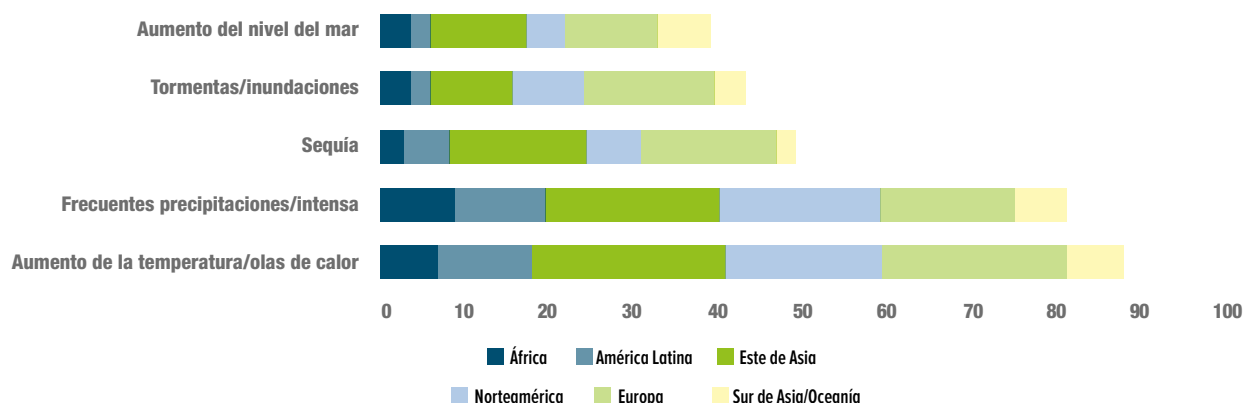


Gráfico 10. Riesgos del cambio climático en las ciudades, por continente



Fuente: CDP (2013).

De no tomar acciones, se espera que los riesgos del calentamiento global se intensifiquen en los próximos años y surjan nuevas presiones. El incremento para 2030 en la demanda mundial de agua y energía probablemente acelerará la pérdida de biodiversidad y estimulará la diseminación de enfermedades infecciosas, además de comprometer la adaptación al cambio climático (PNUMA, 2016a). La acción en los centros urbanos es crítica para enfrentar los retos, del que a la fecha, se ha establecido como el mayor desafío de la humanidad (Revi & Satterthwaite, 2014). Las zonas costeras de baja altitud, aunque solo representan el 2% de la superficie terrestre, albergan un gran porcentaje de ciudades y a un 13% de la población mundial (Romero, 2009). Estas áreas son especialmente vulnerables a los fenómenos meteorológicos. El aumento de un metro en el nivel del mar representa una gran amenaza para megaciudades como Río de Janeiro, Nueva York, Tokio y El Cairo, entre otras (ONU Ambiente, 2016b).

Finalmente, cabe mencionar algunas oportunidades derivadas de la acción climática en las ciudades:

- 🏠 La acción local puede ser un catalizador de mayor ambición para lograr los NDC
- 🏠 Mayor coordinación entre niveles de gobierno e instituciones para la formulación de políticas
- 🏠 Desarrollo de nuevos negocios o industrias con tecnologías limpias y bajas en carbono

- 🏠 Incremento de la atención hacia otros aspectos ambientales
- 🏠 Mejora en la eficiencia de las operaciones
- 🏠 Incremento en la inversión en infraestructura
- 🏠 Mejora en la seguridad energética

1.5.1 Vulnerabilidad de las ciudades al cambio climático

Según ONU Ambiente (2016b), la vulnerabilidad de las ciudades al cambio climático depende, en cierta medida, de factores como:

- 🏠 Modelos de urbanización
- 🏠 Desarrollo económico
- 🏠 Exposición física
- 🏠 Planificación urbana
- 🏠 Conservación y conectividad de la estructura ecológica principal, EEP
- 🏠 Preparación y/o contingencia a los desastres
- 🏠 Desigualdad entre individuos y grupos poblacionales
- 🏠 Intereses políticos en la toma de decisiones

La Tabla 3 relaciona algunos impactos producto de la vulnerabilidad de las ciudades al cambio climático, de acuerdo con ICLEI (2016):



“El diseño y uso del entorno construido, representa un área crítica para la mitigación del cambio climático; el entorno construido consume cerca de un tercio de la energía total usada en la mayoría de los países y absorbe una cuota aún más significativa de electricidad”⁶.

Tabla 3. Algunos impactos de la vulnerabilidad de las ciudades al cambio climático

Impacto	Descripción
Olas de calor	El aumento de la temperatura en algunas áreas de las ciudades podría superar el aumento medio global en función del efecto “isla de calor” ⁷ , lo que genera afectaciones en la infraestructura, problemas de salud pública y de funcionamiento de los servicios urbanos, etcétera.
Agua	Con el aumento de la temperatura, la disponibilidad de agua para las ciudades tiende a disminuir a causa de la evaporación, la previsión de periodos más largos de sequía y el aumento del consumo. La demanda de agua en las áreas urbanas aumentará a 40% para 2030, lo que representará un límite del crecimiento económico. Para este mismo año se proyecta que alrededor de 3.500 millones de personas vivirán en áreas de bajísimo acceso al agua y 1.800 millones sufrirán de escasez del recurso.
Paz y seguridad	Temperaturas más altas pueden estimular el aumento de disputas étnicas y otros conflictos entre países en un 50% (Sciencemag, 2013).
Salud	Las altas temperaturas son causa directa de miles de muertes, por medio de olas de calor en Europa y Asia, y causa indirecta porque propician la propagación de enfermedades. Algunas organizaciones internacionales consideran el cambio climático como una emergencia de salud pública. Otro asunto que aumenta la vulnerabilidad de las ciudades al cambio climático son las enfermedades respiratorias y cardiovasculares, producto de la contaminación del aire causada por la quema de combustibles fósiles, principalmente en el transporte.

Fuente: ICLEI (2016).

.....
6 Butkeley, H, R. Tuts. (2013). Understanding urban vulnerability, adaptation and resilience in the context of climate change. Local Environment, 18(6), 646-662.

7 Ocasionado por la impermeabilidad del suelo y la presencia de asfalto y hormigón. Surge en espacios urbanos donde hay construcciones, pocas áreas verdes y alto nivel de emisiones de GEI, normalmente originadas por el tránsito intenso de vehículos. La temperatura de estas “islas” tiende a ser más alta que la de su alrededor menos urbanizado (ICLEI, 2016).



Foto: © Cristian Galindo



Los grupos de bajos ingresos económicos en las ciudades se han asentado en lugares propensos a desastres naturales (ONU Hábitat, 2012a). Según ONU Ambiente, cuatro de cada diez viviendas en países en desarrollo actualmente están localizadas en áreas amenazadas por inundaciones y fenómenos de remoción en masa, entre otros desastres naturales (ONU Ambiente, 2016b). Las políticas de mitigación proveen importantes beneficios colaterales a la

reducción de emisiones de GEI, en términos de reducción de la desigualdad y la pobreza, aumento de oportunidades para las comunidades más vulnerables, etcétera. Para que las ciudades logren la capacidad adecuada para adaptarse al cambio climático, deben aprovechar la necesidad de dar respuesta a las deficiencias en vivienda, infraestructura urbana, servicios básicos, etcétera, a partir de un enfoque de resiliencia climática.

1.5.2 Las ciudades latinoamericanas frente al cambio climático

En América Latina, el sector con mayor incremento de emisiones es el transporte (BID, 2015). Esto se debe principalmente a la alta densidad urbana, al proceso desigual de ubicación de empleos y servicios públicos, al fenómeno de “ciudad dormitorio”⁸ y al crecimiento del parque automotor. Se estima que la flota de automóviles en la región llegará a 200 millones de unidades en 2050 (ONU Ambiente, 2016a), lo que implicará un aumento en la demanda de combustible y, por consiguiente, en las emisiones de GEI. De acuerdo con datos de la Comisión Europea, de no desarrollarse políticas públicas eficientes y efectivas para reducir las emisiones derivadas del transporte, hacia 2050 estas aumentarán en un 30% (European Commission, 2015).

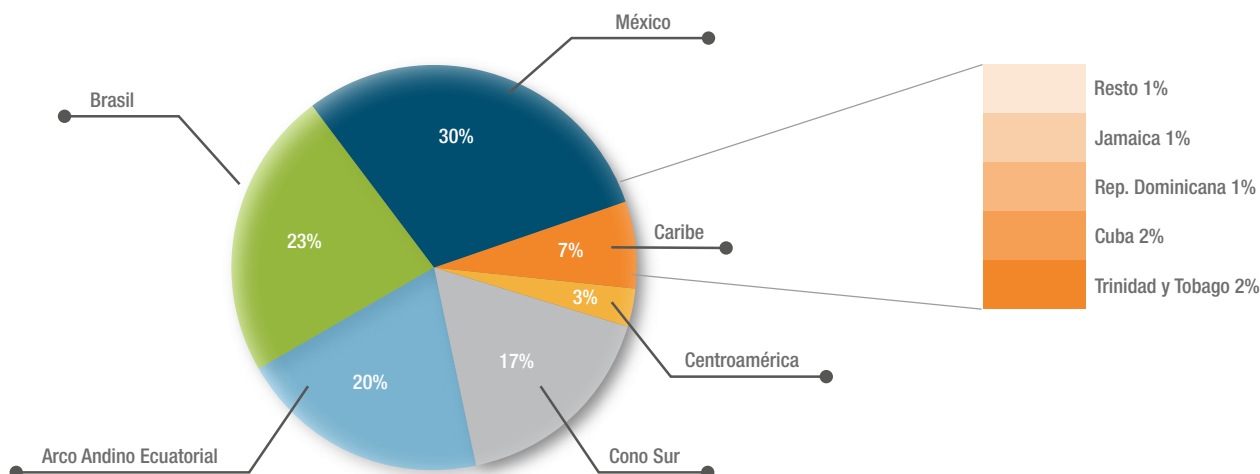
.....

⁸ Ciudad desde la cual un tráfico significativo de personas se desplaza por razones laborales o académicas a otra ciudad y que una vez terminada su jornada laboral o escolar regresa a ella.

El Gráfico 11 muestra que, en la región, el país que mayor contribuye a las emisiones de GEI es México con una participación del 30%, seguido de Brasil con 23%. Por su parte, el Arco Andino Ecuatorial tiene una contribución del 20%. Un análisis regresivo de

las emisiones de GEI en la región entre 1990 y 2007, muestra que las ciudades han aumentado un 18% sus emisiones *per cápita* de CO₂, situación que presenta una relación directamente proporcional al acelerado crecimiento del parque automotor (Cepal, 2009a).

Gráfico 11. Participación de los países en las emisiones regionales de GEI en áreas urbanas, 2007



Fuente: CDKN (2017) con datos de Cepal (2009a).

Se estima que la participación de América Latina y el Caribe en las emisiones globales de GEI es del 12%, una cifra moderada con respecto a otras áreas geográficas. Pese a lo anterior, las emisiones de GEI en la región son mayores al promedio mundial, en términos de unidad consumida por cada unidad de PIB producida. El aumento de emisiones de GEI en la región, sumado a su ubicación geográfica, hace que los países de América Latina sean altamente vulnerables a los riesgos climáticos. El régimen de precipitaciones se ha alertado en la región, con un aumento de las lluvias en algunas zonas como el sur de Brasil, Paraguay, Uruguay, el noreste de Argentina y el noreste de Perú, y una reducción de las mismas en otras áreas como el sur de Chile, el suroeste de Argentina y el sur de Perú. Como consecuencia, aumenta el riesgo de inundaciones y períodos de sequía (De la Torre & Fajnzylber, 2009).

Por otra parte, el aumento de la temperatura global genera afectaciones importantes sobre los glaciales de la región, lo que repercute en la disponibilidad de agua en ciudades como Arequipa, La Paz y Quito, que

dependen del deshielo y los páramos para el suministro del recurso hídrico (Cepal, 2009c).

Según ONU Hábitat, en América Latina y el Caribe, el nivel del mar ha subido entre dos y tres milímetros por año desde 1980 y continuará aumentando. Además, 60 de las 77 ciudades más densamente pobladas de la región se encuentran ubicadas cerca de las costas, por lo que el incremento en el nivel del mar puede generar inundaciones, pérdidas de infraestructura, problemas de salud pública y riesgos económicos, entre otros. Los desastres causados por fenómenos naturales han afectado a 160 millones de habitantes de América Latina y el Caribe en las tres últimas décadas. Entre 1970 y 2009, los daños económicos de estos desastres fueron de 356.000 millones de dólares, de los cuales el 60% fue destinado para atender eventos climáticos (ONU Hábitat, 2012a).

Dada la alta vulnerabilidad de las ciudades latinoamericanas al cambio climático, los gobiernos locales han reconocido la necesidad de establecer acciones

de respuesta a este fenómeno y a la prevención de desastres. Entre las ciudades que han aprobado formalmente programas de acción específicos para la mitigación y adaptación al cambio climático, se encuentran Ciudad de México, Sao Paulo, Buenos Aires, Quito y Montería (ONU Hábitat, 2012a). Estas iniciativas deben favorecer la transición hacia patrones de producción energética baja en carbono, especialmente en el sector transporte, así como conservar y restaurar los ecosistemas que confluyen en las dinámicas urbanas.

1.5.3 Resiliencia urbana al cambio climático

El crecimiento de la población, los ingresos, el uso de energía y recursos, el aumento en la cantidad de residuos generados, la contaminación del suelo y en los cuerpos de agua, generan costos ambientales y degradación sobre los sistemas ecológicos sin precedentes. Según el informe *El futuro que queremos para todos*, del Grupo de Trabajo de Naciones Unidas para la Agenda de Desarrollo Post 2015, casi la mitad de los bosques ya no existen, las fuentes de agua subterráneas y las reservas de recursos pesqueros disminuyen rápidamente y la degradación del suelo, sumada a la acidificación de los océanos, está empeorando la situación. La biodiversidad se ha visto enormemente afectada, las emisiones de CO₂ se han incrementado en 40% entre 1990 y 2008 (UN Habitat, 2011a).

La urbanización ofrece diversas oportunidades para implementar estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático, aplicadas especialmente a la planificación y el diseño de las ciudades. Al aprovechar la economía de escala, la concentración de empresas y la innovación en las áreas urbanas, se facilita la toma de decisiones para reducir emisiones de GEI y mitigar desastres naturales. Estas estrategias ayudan a construir urbes resilientes al cambio climático, en la medida en que sean capaces de responder de forma rápida y eficaz ante momentos de crisis, reforzar continuamente acciones que disminuyen las diferencias socioeconómicas, satisfacer las demandas de planificación de infraestructura, gozar de más seguridad y tranquilidad para sus habitantes y, en pocas palabras, estén preparadas para soportar presiones o momentos de estrés traumático, mientras mantienen sus funciones esenciales, estructura e identidad, adaptándose y prosperando en medio de los cambios continuos (ICLEI, 2016).

En países en desarrollo, el factor crítico para orientar la planificación de ciudades resilientes al cambio climático es la capacidad de los gobiernos, la cual se ve obstaculizada por factores de carácter institucional, técnico, económico y/o político (ONU Ambiente, 2016b). En términos económicos, los recursos para el desarrollo de acciones para la mitigación y la adaptación al cambio climático son limitados y, dados los múltiples asuntos que las autoridades locales deben atender, catalogados como “de alta prioridad” —en los que se encuentran el desempleo, la pobreza, la carencia o el déficit de infraestructura, etcétera—, los riesgos del cambio climático pasan a un segundo plano.

Dos aspectos relevantes para la creación de ciudades resilientes son: la construcción de infraestructura física que tenga la capacidad de absorber los impactos y el estrés creado por eventos climáticos extremos, y fomentar medidas de adaptación basada en ecosistemas, AbE. Este concepto se refiere a la gestión, conservación y recuperación de ecosistemas, con el fin de garantizar la prestación y disponibilidad de servicios ecosistémicos⁹ que les permitan a los ciudadanos adaptarse a los impactos del cambio del clima (ICLEI, 2016).

.....
9 Se refiere a los beneficios que ofrece la naturaleza y que garantizan el bienestar humano y el equilibrio ecosistémico, entre los que se encuentran polinización y dispersión de semillas a través de abejas y otras especies; provisión de fibras, madera y materia prima para productos farmacéuticos; purificación del aire y el agua, etcétera.



Foto: © Cristian Galvis Galindo



Los esfuerzos por aumentar la resiliencia urbana pueden beneficiarse con la integración de la adaptación al cambio climático y la gestión del riesgo de desastres. Es provechoso usar la adaptación y la mitigación como oportunidades para

lograr ciudades y asentamientos humanos más prósperos y preparados para desarrollarse de forma adecuada en el futuro próximo (ICLEI, 2016). La Tabla 4 resume los aspectos fundamentales de una ciudad resiliente propuestos por ICLEI (2016).

Tabla 4. Aspectos fundamentales de una ciudad resiliente

Aspecto	Contexto
Vivienda	Las viviendas son de buena calidad y están fuera de las áreas de riesgo, establecidas de acuerdo con las normas adecuadas de seguridad, bien abastecidas con infraestructura local, y ubicadas lejos de áreas propensas a inundaciones o deslizamientos de tierra.
Saneamiento básico	La disponibilidad de sistemas eficientes y asequibles de tratamiento de aguas residuales, suministro de agua potable, recolección y tratamiento de residuos urbanos, es un asunto crítico de la resiliencia urbana. Estos reducen la ocurrencia de enfermedades como diarrea, hepatitis A, esquistosomiasis y leptospirosis, entre otras, lo cual disminuye la presión sobre los servicios de salud.
Nacimientos de agua	La protección de los cuerpos hídricos que son parte de la estructura ecológica principal, EEP, de las ciudades permite el abastecimiento de agua segura. Una ciudad resiliente cuenta con programas de conservación y recuperación del sistema boscoso en la ronda de los ríos, lo que evita la sedimentación de los cuerpos de agua e impide que el agua lluvia escurra demasiado rápido hacia estos, llevando residuos.
Gobierno local	Una ciudad resiliente tiene un gobierno local preocupado por promover una urbanización planificada e inteligente, así como por establecer planes de emergencia para enfrentar y recuperarse de las adversidades. Así mismo, mantiene un diálogo con ciudadanos, movimientos sociales y sector privado, para pensar en conjunto qué es lo mejor para la ciudad.
Monitoreo y alerta	La ciudad reacciona para anticipar y atenuar los impactos de los desastres, por medio de sistemas de monitoreo y de alerta, para proteger a sus ciudadanos y el patrimonio público y privado. Cuenta con planes para restablecer los servicios esenciales, como energía y agua, y para reconstruir rápidamente áreas afectadas.
Áreas verdes	El área urbana reconoce la importancia de mantener o recuperar los bosques y los ecosistemas o ampliar las áreas verdes.

Fuente: ICLEI (2016).

1.6 Agenda 2030: el rol de las ciudades en el cumplimiento de los ODS

La Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible es el esfuerzo más reciente de la comunidad internacional para alcanzar asentamientos humanos sostenibles, justos, equitativos y en paz. Constituye un plan de acción en favor de las personas, el planeta y la prosperidad, y busca fortalecer la paz universal dentro del concepto más amplio de la libertad, erradicar la

pobreza y el hambre en todas sus dimensiones, proteger el planeta, alcanzar la igualdad de género, el empoderamiento de la mujer y, en términos generales, un desarrollo sostenible tangible a nivel global. Cuenta con 17 objetivos y 169 metas que marcan la hoja de ruta que el mundo debe tomar en los próximos 15 años.

En el marco de esta Agenda, se reconoce el papel transformador de las áreas urbanas hacia la construcción de la sostenibilidad para el 2030 y se establecen metas concretas que la planificación de las ciudades debe contemplar, como se muestra en el Gráfico 12.

Gráfico 12. Metas ODS 11



Fuente: adaptado de United Nations (2015).

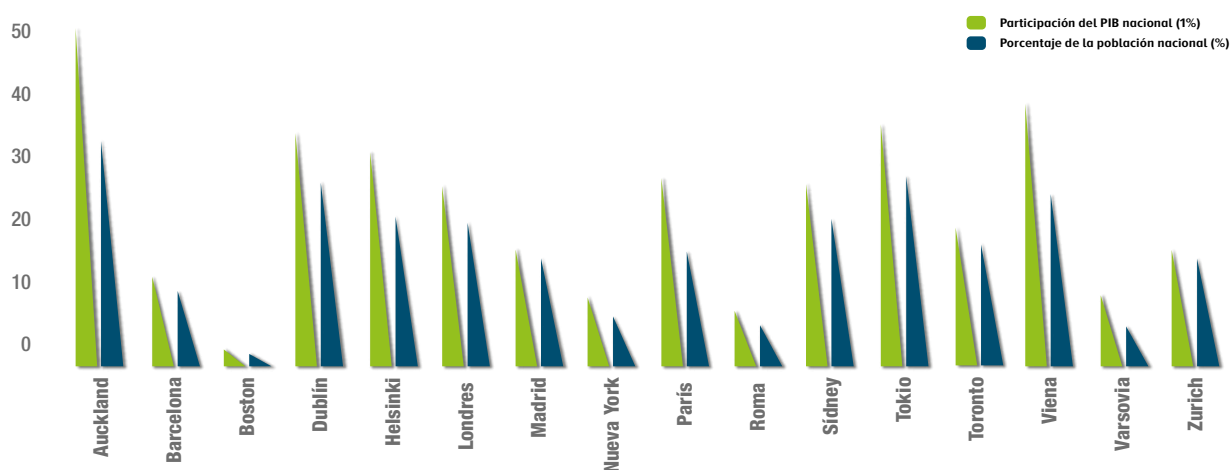
1.6.1 Hacia ciudades y comunidades sostenibles

Ya se ha mencionado cómo la urbanización actúa como un factor determinante en el desarrollo socioeconómico de los países, pero a su vez este fenómeno genera efectos negativos sobre la biodiversidad, los ecosistemas y la disponibilidad de recursos naturales. Entre los retos ambientales que presentan las ciudades se destacan (Cities Alliance, 2015):

- Proporcionar servicios de saneamiento básico, energía, recolección y tratamiento de residuos sólidos de forma igualitaria y efectiva.

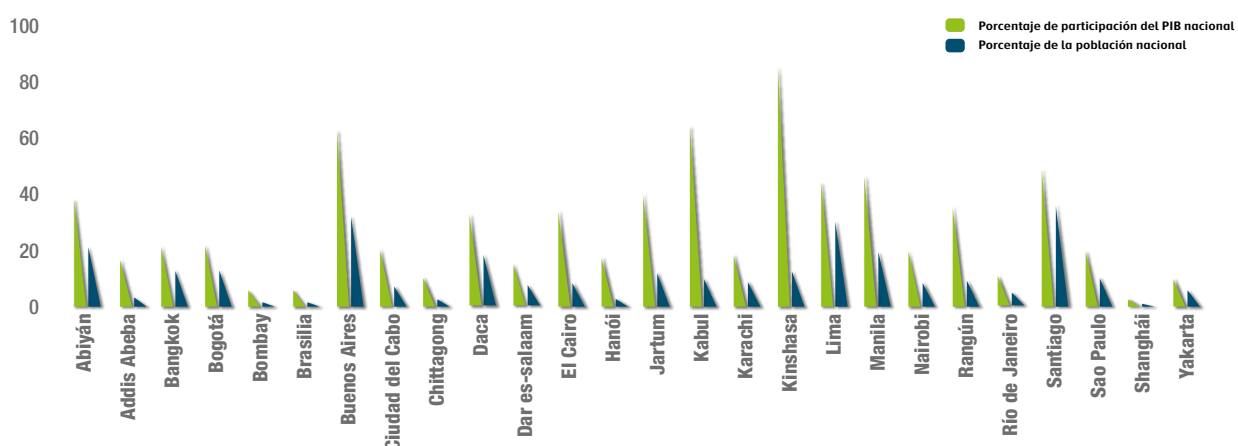
- Enfrentar riesgos ambientales como contaminación del agua, generación excesiva de residuos sólidos e impactos del cambio climático.
- Minimizar los impactos negativos de los cambios en la vocación del suelo, el uso de los recursos naturales y la biodiversidad.
- Atender desastres naturales.
- Responder al llamado mundial para la descarbonización.

Gráfico 13. Participación del PIB vs. concentración de la población nacional en ciudades de países desarrollados



Fuente: UN Habitat (2011b).

Gráfico 14. Participación del PIB vs. concentración de la población en países en desarrollo



Fuente: UN Habitat (2011b).

Las ciudades se constituyen como plataformas económicas para la producción, la innovación y el comercio y, sin lugar a dudas, el crecimiento económico sostenible de un país está directamente relacionado con la urbanización. Las grandes ciudades están asociadas con mayores niveles de productividad e ingreso (UN Habitat, 2011b). Los gráficos 13 y 14 muestran la contribución de las ciudades al PIB y su relación con la concentración poblacional en países desarrollados y en desarrollo, respectivamente.

El Gráfico 13 permite concluir que virtualmente en todas las ciudades de países desarrollados su contribución al PIB es mayor que su participación en la población nacional, lo que puede explicarse por el fenómeno de “economías de aglomeración”, el cual presenta importantes beneficios, entre los que se destacan:

- 🏠 La aglomeración en las ciudades permite a las empresas coincidir de una mejor manera sus requerimientos particulares de fuerza

de trabajo, instalaciones y proveedores, en comparación con pequeños asentamientos humanos, ya que existen mayores opciones (Duranton & Puga, 2004).

- 🏠 Las ciudades proporcionan a las empresas acceso a una mejor y mayor gama de servicios compartidos, infraestructura y comunicación con el exterior, lo que se ve reflejado en el aumento de clientes nacionales e internacionales (ONU Ambiente, 2016b).
- 🏠 Las corporaciones se benefician de un excelente flujo de información e ideas en las ciudades, lo que fomenta mayor aprendizaje e innovación (Porter, 2001).
- 🏠 La proximidad de las compañías en las ciudades favorece la creación de redes, fomentando así la competencia y colaboración (MIER, 2015).

La comparación entre el PIB y la población en las ciudades de países desarrollados y en vías de desarrollo, permite concluir que la fuerza de la urbanización es un determinante para la economía de estos últimos, lo que se refleja en agotamiento y contaminación de los recursos naturales, mayores niveles de pobreza, barrios y asentamientos humanos ilegales y vulnerables, poca disponibilidad de servicios de saneamiento básico y acceso a energía, entre otros aspectos que comprometen la calidad de vida de los ciudadanos.

En contraste con los beneficios de la “aglomeración” que se presentan en ciudades de países desarrollados, en regiones como América Latina lo beneficioso puede ser contrarrestado por congestionamientos, contaminación, presión sobre los recursos naturales, incremento en el costo de mano de obra y vigilancia, probablemente por la ausencia de políticas públicas e instrumentos –que favorezcan la adecuada administración urbana– y por la falta de infraestructura

pública esencial, lo que lleva a un fenómeno de “des-economías de aglomeración” (Turok, 2011).

La urbanización ha ayudado a millones a escapar de la pobreza mediante mayores niveles de productividad, oportunidades de empleo, mejoras en la calidad de vida, mejor educación, salud, inversión pública a gran escala y acceso a mejor infraestructura de servicios de saneamiento básico y energía eléctrica. Las ciudades tienen el potencial de reducir su impacto ambiental al orientar su planificación en torno a la estructura ecológica principal y favorecer la conectividad entre los sistemas rurales y urbanos. Un modelo de desarrollo sostenible en las ciudades debe contemplar el equilibrio entre los retos de desarrollo económico, ambiental y sociocultural, enmarcados en un sistema de gobierno local caracterizado por una profunda participación e inclusión ciudadana.

Una ciudad sostenible, segura y resiliente al cambio climático debe contar con una adecuada planificación urbana que facilite el cambio hacia patrones de urbanización más sostenibles, en busca de un desarrollo igualitario centrado en la gente. Así mismo, debe proponer estrategias y acciones para garantizar el abastecimiento universal, seguro y suficiente de agua y saneamiento de buena calidad, erradicar la pobreza, dirigir las inequidades persistentes y la administración del suelo en interés público (ONU Ambiente, 2016b).

Algunos elementos claves para el éxito en la planificación urbana, según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2016a), son:

- 🏠 Establecer políticas a nivel nacional y municipal que fomenten la sostenibilidad de las infraestructuras, cuyos objetivos sean reducir el impacto ambiental, y mejorar la productividad y eficiencia de los recursos.
- 🏠 Promover la inversión en infraestructuras urbanas sostenibles, implementando mecanismos



Foto: © Cristian Galvis Galindo

tributarios para evitar el “efecto rebote”, es decir, las inversiones que se traducen en un uso más eficiente de los recursos, pero que estimulan un mayor costo.

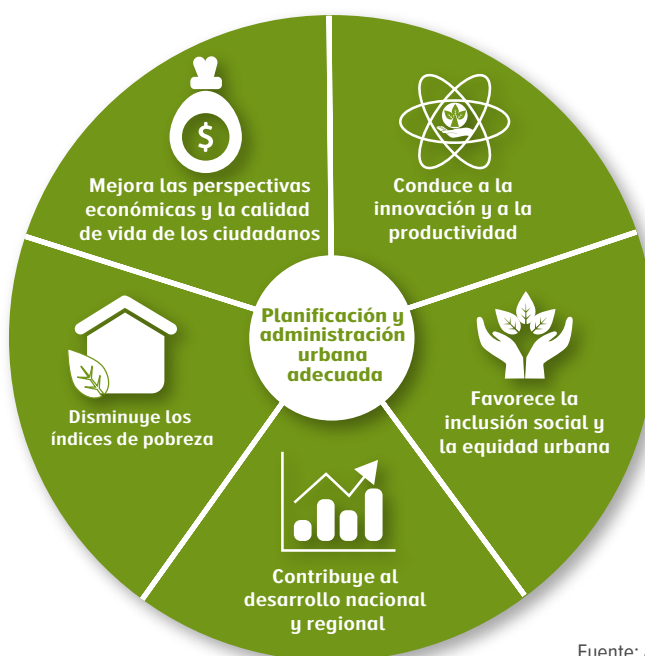
- 🏠 Adoptar la equidad como principio fundamental en el desarrollo de las infraestructuras urbanas, proporcionando los beneficios a las poblaciones pobres, favoreciendo la creación de empleo y la construcción de capacidad local.
- 🏠 Aplicar nuevos enfoques a las infraestructuras sostenibles en desarrollo, como el “análisis del flujo de materiales”, para incrementar el

conocimiento del metabolismo urbano y tener una mejor comprensión de las necesidades materiales de las ciudades.

- 🏠 Establecer objetivos desafiantes pero realistas para las infraestructuras urbanas sostenibles, basados en el contexto económico y ecológico de la ciudad, lo cual definirá un marco para evaluar el progreso hacia un uso más sostenible de los recursos.

El Gráfico 15 muestra algunos beneficios de una adecuada planificación y administración urbana.

Gráfico 15. Beneficios de una adecuada planificación y administración urbana



Fuente: adaptado de ONU Ambiente (2016b).

1.6.2 Financiamiento e implementación de los ODS en asentamientos humanos y ciudades-región

El cumplimiento de los ODS en las ciudades requiere pasar de intervenciones sectoriales a planificación urbana estratégica y plataformas políticas sólidas (ONU Ambiente, 2016b).

Sin lugar a dudas, la implementación de la Agenda 2030 en áreas urbanas está ligada a un despliegue de recursos económicos y técnicos que permiten cambios y mejoras de infraestructura, eficiencia en

el uso de recursos, sistemas de transporte eficiente y bajos en emisiones, entre otros aspectos.

Los ODS constituyen un conjunto de objetivos de carácter integrado que pueden contribuir a lograr una visión más sostenible del desarrollo urbano. El 65% de las metas de la Agenda 2030 no pueden ser alcanzadas sin el involucramiento de los actores urbanos y locales (Cities Alliance, 2015). Según SDSN

(2017), la implementación de los ODS en asentamientos humanos y ciudades región comprende dos procesos principales:

1. Planificar e implementar los ODS: contempla la identificación de los asuntos prioritarios que las ciudades deben atender y el desarrollo de planes de acción a mediano, corto y largo plazo, los cuales deben estar incluidos como parte de los planes de desarrollo.
2. Realizar el seguimiento de los avances logrados en los ODS: consiste en el desarrollo y la implementación de metodologías de seguimiento y reporte de las metas alcanzadas en los ODS priorizados.

Según la Red Temática Ciudades Sostenibles de SDSN, existen cuatro pasos básicos para implementar los ODS en las ciudades:

1. Iniciar un proceso inclusivo y participativo: se refiere a crear conciencia sobre los ODS e involucrar las partes interesadas para el logro de los objetivos y metas.
2. Fijar la agenda local de los ODS: consiste en trasladar los ODS mundiales a una agenda ambiciosa pero realista, que se adapte al contexto local de desarrollo.
3. Planificar la implementación de los ODS: hace referencia al uso de métodos y mecanismos de planificación basados en objetivos para el logro de resultados sociales, económicos y ambientales más sostenibles.
4. Monitoreo y evaluación: busca asegurar que la implementación de los ODS está generando los resultados esperados y contempla la creación de capacidades locales que fomenten una gobernanza más receptiva, capaz de rendir cuentas.

Lo anterior supone una serie de retos administrativos y de gestión que las áreas urbanas deben superar, si se parte del hecho de que la actual forma de funcionamiento de las ciudades no será suficiente para alcanzar un futuro sostenible. Es necesario que los gobiernos locales refuercen su capacidad de acción, construyan alianzas sólidas y especialmente se comprometan a establecer una visión de desarrollo sostenible inclusivo (SDSN, 2017).

En términos económicos, cumplir con las metas de la Agenda 2030 en las ciudades y los asentamientos

humanos implica formular planes, programas, políticas y estrategias holísticas y multipropósito que aprovechen la conexión de los ODS para hacer uso eficiente de los recursos disponibles. Para citar un ejemplo relacionado con la metas del ODS 11 en lo que tiene que ver con infraestructura, según UNEP (2013a), para renovar la actual y construir la nueva infraestructura en el periodo 2005-2030 son necesarios 41 mil millones de dólares, distribuidos así: 22,6 mil millones de dólares para sistemas de abastecimiento de agua, 9 mil millones de dólares para energía, 7,8 mil millones de dólares para infraestructura y 1,6 mil millones de dólares para puertos aéreos y marítimos.

Las inversiones en infraestructura sostenible son indispensables para cumplir con los ODS. Según la Comisión Global sobre Economía y Clima (GCEC, 2016), para superar las brechas de financiamiento en infraestructura resiliente y baja en carbono se deben considerar los siguientes cuatro elementos:

- 🏠 Abordar colectivamente las distorsiones fundamentales de los precios, incluyendo los subsidios y la falta de fijación de precios adecuados, especialmente para los combustibles fósiles y el carbono. De esta forma, se podrían mejorar los incentivos y la inversión en innovación, y reducir drásticamente la contaminación y las emisiones de GEI.
- 🏠 Fortalecer los marcos legales y las capacidades institucionales para desarrollar políticas eficaces y establecer condiciones adecuadas de inversión para el desarrollo de proyectos de infraestructura resiliente y baja en carbono.
- 🏠 Transformar el sistema financiero para proporcionar la escala y la calidad de inversión necesarias para aumentar el financiamiento de todas las fuentes, especialmente de origen privado –como el de la deuda a largo plazo y las grandes reservas de capital de inversores institucionales–, reducir el costo de la inversión y así impulsar la financiación catalítica de los bancos de desarrollo hacia proyectos verdes.
- 🏠 Aumentar las inversiones en tecnologías limpias, innovación y acceso a sistemas productivos sostenibles.



2

Síntesis y análisis de los temas presentados por los conferencistas internacionales y su relación con los pares nacionales



2.1 Salud, calidad del aire y bienestar en las ciudades

La contaminación del aire y sus efectos en la salud generan fuertes impactos en el desarrollo social y económico y afectan la competitividad de los países. Los costos en salud asociados con la contaminación atmosférica se han incrementado en los últimos años, según estimaciones del Banco Mundial. Sin embargo, la implementación de programas integrados de control de la contaminación permitiría elevar la protección a la salud y lograr ahorros entre 2 y 6 mil millones de dólares por año en costo social de la enfermedad (Clean Air Institute, 2012). De acuerdo con estimaciones de la Organización Mundial de la

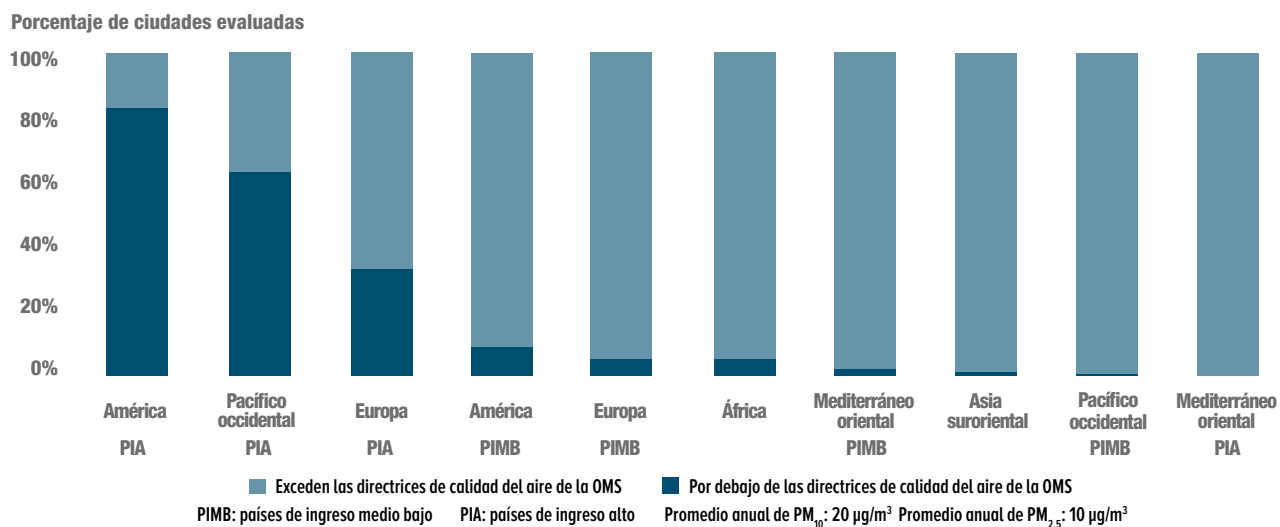
Salud, el 92% de la población mundial vive en lugares donde los niveles de la calidad del aire exceden los límites seguros fijados por la misma institución y casi el 90% de las muertes relacionadas con la contaminación del aire se producen en países de ingresos bajos, siendo la población más afectada mujeres en estado de embarazo, niños y adultos mayores (OMS, 2016b). A continuación se presentan las generalidades del problema de calidad del aire en las ciudades, sus impactos en la salud pública y su relación con el cambio climático.

2.1.1 Generalidades del problema de calidad del aire en las ciudades

La OMS afirma que la contaminación del aire en las ciudades es uno de los problemas ambientales prioritarios a nivel global. De acuerdo con cifras de 2012, cerca de 6,5 millones de muertes (11,6% de todas las muertes mundiales) estuvieron relacionadas con la contaminación del aire, tanto en interiores como de exteriores, es decir que una de cada nueve personas muere como consecuencia de la alta contaminación del aire (OMS, 2016b). Según estimaciones de la OCDE, se prevé que la contaminación atmosférica se convertirá en la

principal causa ambiental de mortalidad prematura, superando incluso la problemática de las aguas insalubres y la falta de saneamiento básico. Se estima que para 2050 se duplique el número de muertes por exposición a material particulado, PM (OCDE, 2012). El Gráfico 16 muestra el porcentaje de ciudades que exceden los límites máximos permisibles establecidos en las Directrices de Calidad del Aire de la OMS –*Air Quality Guidelines*, AQG– y evidencia que casi la mayoría de los países superan dichos límites.

Gráfico 16. Regiones que exceden las concentraciones de material particulado establecidas por la OMS



Fuente: OMS (2016a).

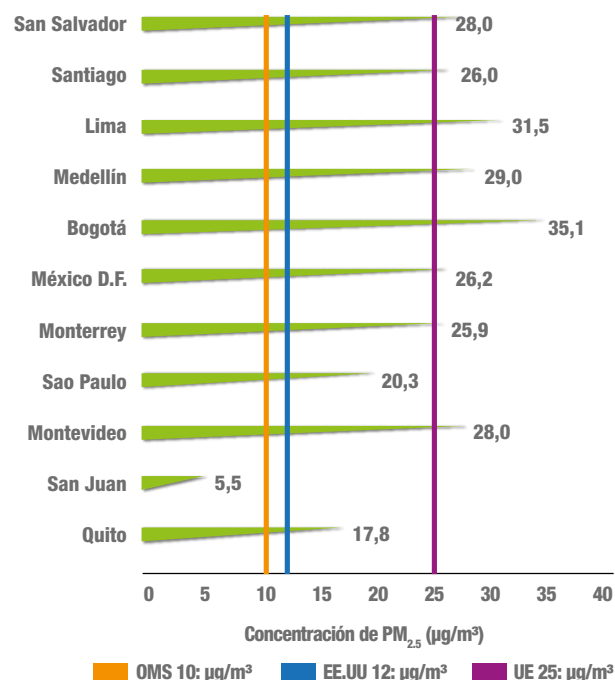
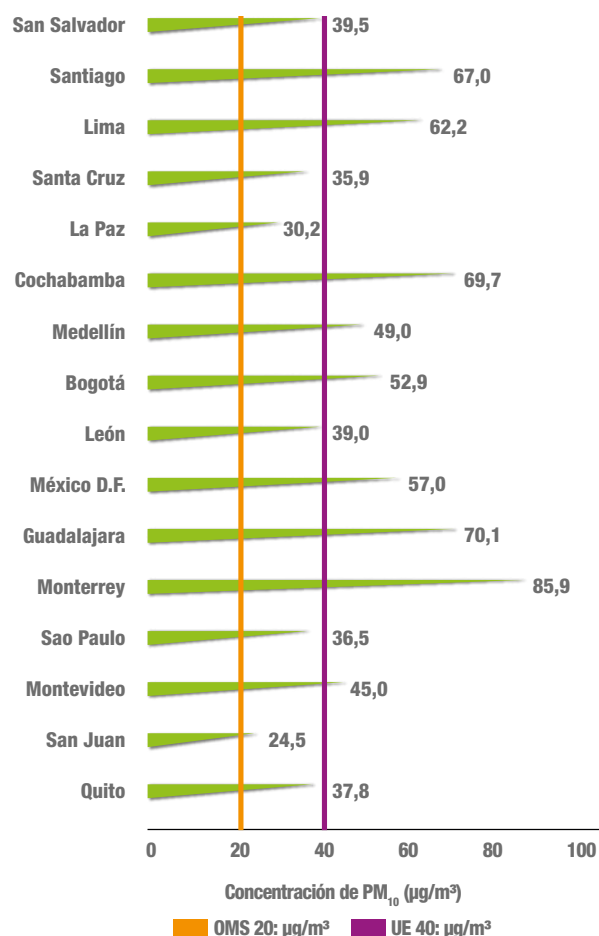


En América Latina, el sector con mayor incremento de emisiones es el transporte (BID, 2015). Esto se debe principalmente a la alta densidad urbana, al proceso desigual de ubicación de empleos y servicios públicos, al fenómeno de “ciudad dormitorio” y al crecimiento del parque automotor. Se estima que la flota de automóviles en la región llegará a 200 millones de unidades en 2050 (ONU Ambiente, 2016a), lo que implicará un aumento en la demanda de combustible y, por consiguiente, en las emisiones de gases contaminantes. De acuerdo con datos de la Comisión Europea, de no desarrollarse políticas públicas eficientes y efectivas para reducir las emisiones derivadas

del transporte, para 2050 estas aumentarán en un 30% (European Commission, 2015).

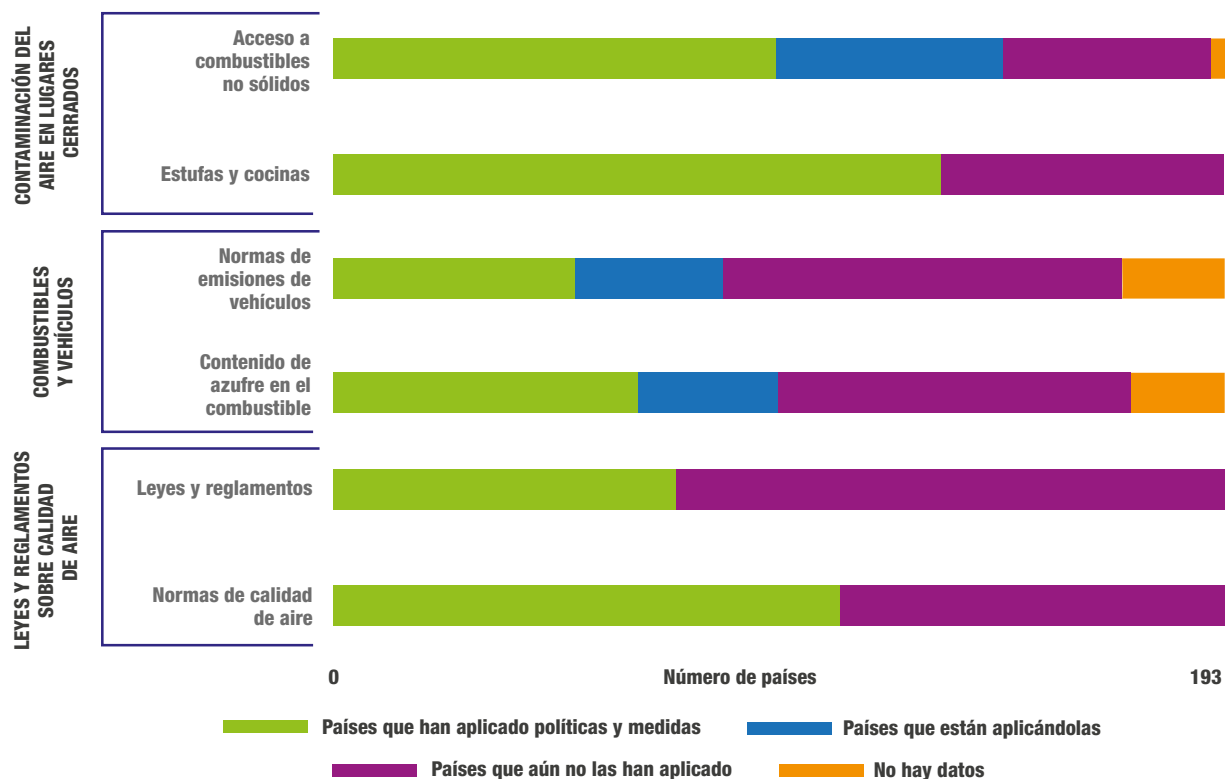
Según el reporte sobre la calidad del aire en América Latina del Instituto para el Aire Limpio –Clean Air Institute–, en el año 2011, de 22 ciudades analizadas, 16 contaban con sistemas de monitoreo de material particulado menor a 10 micras –PM₁₀– y todas ellas excedieron las concentraciones de este contaminante sugeridas por la OMS. Con respecto a material particulado menor a 2,5 micras –PM_{2,5}–, 11 ciudades contaban con registros de emisiones y, de ellas, 10 excedieron la concentración máxima permisible (Clean Air Institute, 2012). Estos datos se muestran en el Gráfico 17.

Gráfico 17. Concentraciones de PM₁₀ y PM_{2,5} en ciudades de América Latina



Fuente: Clean Air Institute (2012).

Gráfico 18. Medidas adoptadas por los países contra la contaminación atmosférica



Fuente: UNEP (2016a).

Además de sus efectos en la salud humana, la contaminación del aire afecta la producción agrícola, el desarrollo económico y la calidad de los ecosistemas; además, acerva los efectos del cambio climático. Por ejemplo, se estima que para 2030, la producción de alimentos se habrá reducido en un 26% a causa de la contaminación atmosférica, especialmente por ozono troposférico (Naciones Unidas, 2017).

En términos de cambio climático, el carbono negro –*black carbon*–, que es parte de las partículas finas de material particulado $PM_{2.5}$, se posiciona como uno de los gases contaminantes de origen antropogénico que mayor contribuye al cambio climático. La exposición a este contaminante está asociada con muertes prematuras, cáncer de pulmón, enfermedades cardíacas y cardiovasculares, entre otros problemas que afectan la salud pública (Minjares, 2015). Reducir las emisiones de material particulado $PM_{2.5}$ en las ciudades, además

de mitigar el cambio climático, genera importantes co-beneficios para la salud pública y los ecosistemas (Minjares, 2015).

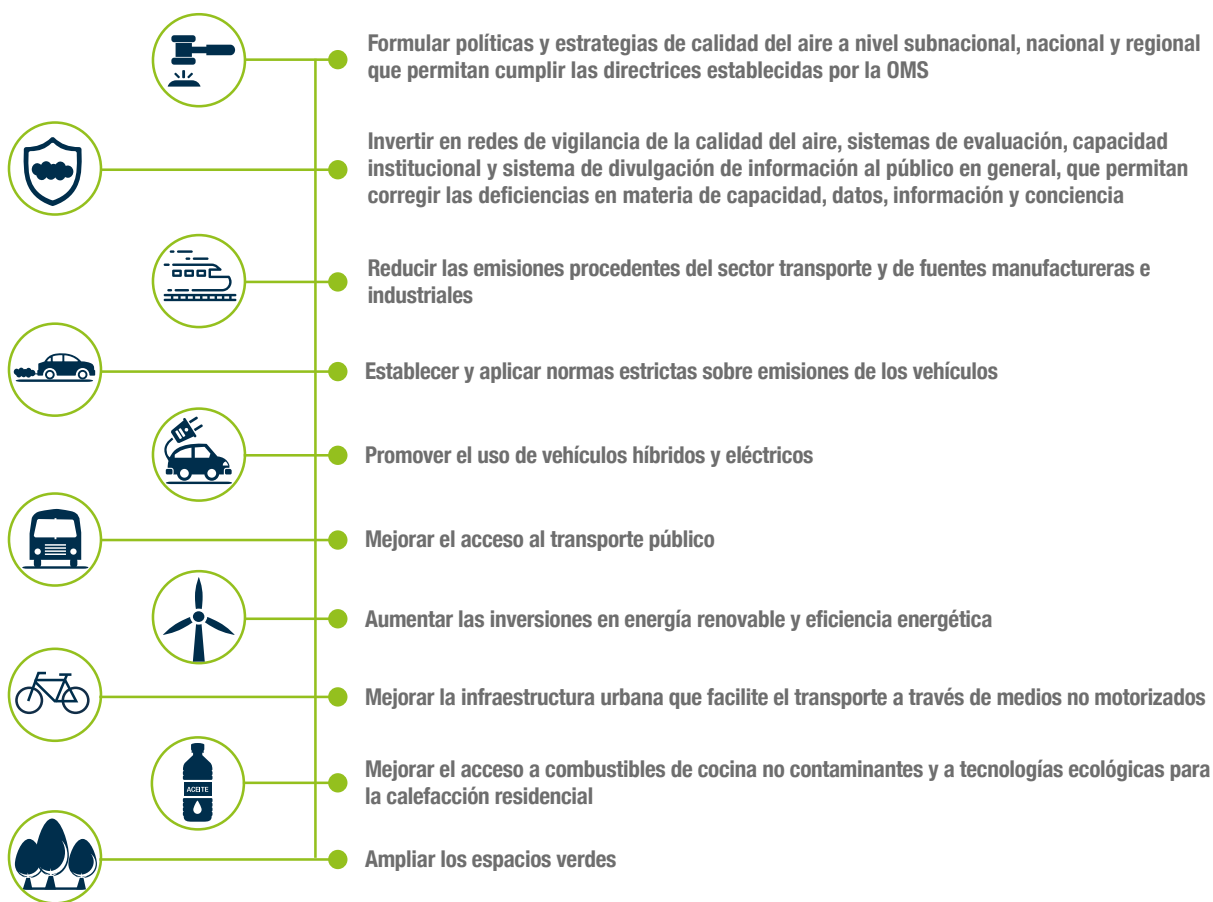
Teniendo en cuenta los aspectos mencionados anteriormente, la gestión de la calidad del aire en las ciudades es esencial para mejorar la salud pública y requiere que los gobiernos elaboren estrategias exitosas para reducir las emisiones de contaminantes. Como parte de este proceso, el Instituto para el Aire Limpio considera indispensable fijar estándares de calidad del aire para proteger la salud, con objetivos explícitos de política pública, e implementar un monitoreo efectivo que permita tomar decisiones informadas y ejecutar de manera eficiente los recursos disponibles para enfrentar esta problemática en las ciudades (Clean Air Institute, 2012). En el Gráfico 18 se presentan las medidas más comunes adoptadas por los países para controlar la contaminación del aire, en donde se destacan acciones para reducir la



contaminación en interiores, especialmente en el cambio de combustibles de estufas y cocinas, y leyes y regulaciones sobre límites de emisión de contaminantes criterio¹⁰.

Según el informe *Hacia un planeta sin contaminación* de la Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, publicado en 2017, para reducir la contaminación atmosférica, las ciudades deben adoptar las acciones presentadas en el Gráfico 19.

Gráfico 19. Medidas que pueden contribuir a la reducción de la contaminación atmosférica



Fuente: Naciones Unidas (2017).

2.2 Energía asequible y no contaminante en las ciudades

Las ciudades consumen el 70% del suministro global de energía (Iveroith & Vernay, 2013) y como se ha mencionado a lo largo del presente documento, son responsables del 75% de las emisiones de carbono (UNEP, 2013b) principalmente provenientes del transporte y la producción de energía (CDKN, 2017). Dichos sectores presentan una alta dependencia de los combustibles fósiles, lo que contribuye al cambio climático y al deterioro de la calidad del aire (UNEP, 2016b).

.....

¹⁰ Aquellos contaminantes que tienen un efecto nocivo para la salud pública. Entre ellos se encuentran: material particulado (PM10 y PM2, 5), CO, NOx, SOx, partículas suspendidas totales (PST) y O3.

Se proyecta un aumento exponencial en la demanda urbana por el suministro de energía, debido al crecimiento en los patrones de urbanización y al tamaño de las ciudades, la industrialización, el avance tecnológico y la riqueza (UCCRN, 2015). Las estimaciones prevén que para 2030 la demanda mundial de energía en las ciudades se incremente en 40% (UN Habitat, 2012). Bajo este escenario, la Agenda 2030 reconoce el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible, moderna y no contaminante como uno de los aspectos fundamentales para avanzar hacia un modelo de desarrollo sostenible e igualitario en los próximos 12 años (UN, 2015).

El acceso insuficiente a servicios energéticos es un obstáculo para el desarrollo humano y económico. Sin un suministro estable de electricidad, los países no podrían impulsar sus economías ni lograr asentamientos humanos resilientes y sostenibles. Sin embargo, el sector de producción de energía se constituye como el factor que contribuye en mayor medida al cambio climático y representa alrededor del 60% de todas las emisiones mundiales de GEI (UN, 2015).

La urbanización está fuertemente relacionada con el consumo de energía en países en desarrollo. Las áreas urbanas de países con altos ingresos generalmente usan menos energía *per cápita* que las rurales, dada la presencia de economías de escala asociadas con una alta densidad poblacional (UCCRN, 2015). Estas tendencias llevan a estimar que se requieren 9.000 millones de dólares en infraestructura para el abastecimiento energético a 2030 (ONU Ambiente, 2016b).

En América Latina existen grandes variaciones en el consumo promedio de energía por habitante, especialmente en el sector transporte, lo que está relacionado principalmente con la eficiencia energética del medio que se utilice y la configuración espacial de las ciudades. Es decir que aglomeraciones compactas, con distancias menores entre la vivienda, el trabajo, la escuela, los centros de comercio y los servicios de salud por medio de sistemas de transporte público eficientes y asequibles, presentan menores demandas de energía a nivel de transporte individual que las ciudades más extensas (CDKN, 2017). Según la Cepal (2009b), entre 1997 y 2008, se triplicó el consumo total de energía de América Latina y el Caribe, siendo Brasil, México y el Cono Sur las zonas de mayor crecimiento.

Los principales desafíos que el sector de distribución de energía enfrenta en áreas urbanas (UCCRN, 2015) incluyen:

- 🏠 La reducción de impactos ambientales, como la contaminación del aire, el efecto de islas de calor y la emisión de GEI.
- 🏠 Abastecer la creciente demanda de energía en países que se están urbanizando rápidamente, considerando combustibles alternativos al carbón y al petróleo.
- 🏠 Garantizar la seguridad energética.
- 🏠 Construir sistemas de energía resilientes que puedan soportar y recuperarse a impactos producto del incremento de eventos climáticos extremos.
- 🏠 Proveer a las ciudades de países de bajos ingresos con sistemas de producción y abastecimiento energético modernos e inteligentes, mientras rempazan las fuentes de combustibles tradicionales por fuentes alternativas como solar y eólica.

El sector de la construcción juega un papel fundamental en la transición de las ciudades hacia modelos sostenibles (WRI, 2015). De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía –IEA, por su sigla en inglés–, los edificios actuales representan el 40% del uso de energía en la mayoría de los países y se proyecta un aumento en la demanda de este sector en un 60%, así mismo se espera que la energía represente aproximadamente el 28% del total de la inversión en infraestructura en los próximos 15 años; es decir, cerca de 25 trillones de dólares (New Climate Economy, 2016).

En términos económicos, la fijación de precios en los sistemas de energía en las ciudades es esencial para reflejar el costo social de las externalidades; por ejemplo, el costo de la contaminación del aire producto de la quema de combustibles fósiles, así como de la congestión a causa del uso de vehículos urbanos.

Con respecto a la infraestructura natural y los servicios ecosistémicos, la fijación de precios puede garantizar el uso eficiente de los recursos no renovables utilizados en la producción de energía (New Climate Economy, 2016).

Teniendo en cuenta lo anterior, la Comisión Global sobre Economía y Clima hace un llamado a todos los países sobre la importancia de desarrollar planes de transición para acelerar la participación de soluciones energéticas limpias y resilientes. Según esta institución, para alcanzar el objetivo del Acuerdo de París, todos los países deben desarrollar planes de transición hacia soluciones energéticas neutras en emisiones y resilientes; así mismo, fijar metas para la eliminación progresiva del carbón, considerando imperativos el cumplimiento pleno de los objetivos de acceso a la energía y las facilidades para lograr una transición de los empleos a este tipo de alternativas (UN Habitat, 2014). Dichos planes de transición deberían incluir tanto medidas para garantizar el desarrollo de soluciones de energía limpia, que sean económicamente competitivas y asequibles, como aquellas que reflejen mejor los costos reales del carbón y otros combustibles fósiles.

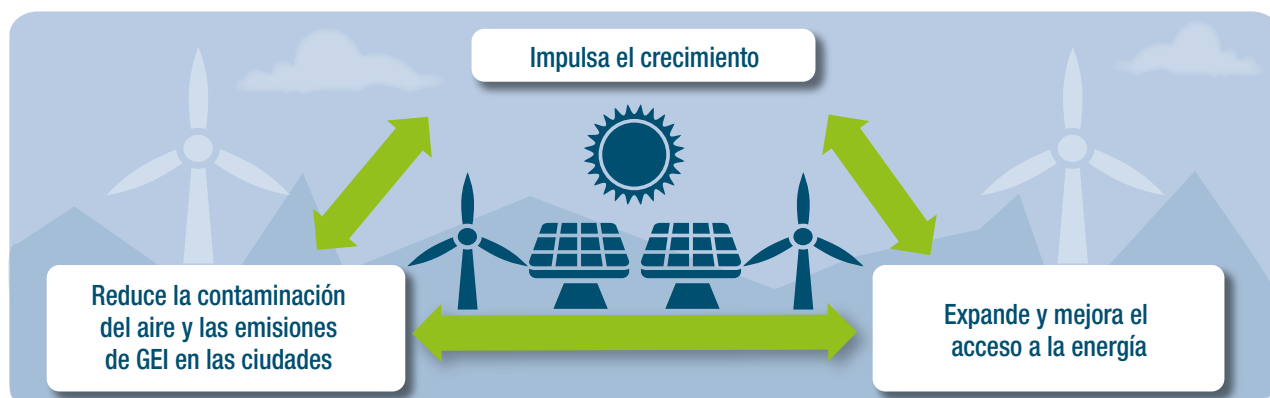
A pesar del llamado internacional de transitar hacia un modelo de desarrollo bajo en carbono, una gran oferta de infraestructura energética insostenible continúa en construcción. A nivel mundial se estima que 1.500 plantas de carbón están en construcción o en proyecciones. Más del 80% de las nuevas plantas de energía a base de este combustible fósil que comenzarán a funcionar entre 2015 y 2020 están ubicadas solo en seis países asiáticos: China, India, Vietnam, Indonesia, Filipinas y Pakistán, y se espera que los dos primeros representen las dos terceras partes de la nueva capacidad global para 2020.

Si todas estas plantas en efecto son construidas, durante su vida útil representarían una parte significativa del presupuesto global de carbono que el mundo no puede exceder si se quiere cumplir con el objetivo del Acuerdo de París (New Climate Economy, 2016).

Remplazar las fuentes de energía a base de combustibles fósiles por nuevos sistemas de energía limpia a gran escala requiere de un alto nivel de innovación, incluyendo nuevas tecnologías para eficiencia energética y gestión de la demanda. Las ciudades no solo necesitan capacidad de energías renovables, sino también sistemas de interconexión de la energía solar y eólica producida por pequeños generadores como los hogares, que permitan la construcción de redes inteligentes e infraestructura sostenible; es allí donde se requiere la mayor inversión financiera.

El cambio hacia sistemas de energía sostenible en las ciudades puede crear un círculo virtuoso que impulsa el desarrollo bajo en carbono y el crecimiento resiliente al clima. El primer paso para lograr lo anterior es adoptar políticas para cambiar las inversiones en combustibles fósiles y tecnologías intensivas en carbono a energías renovables y sistemas de eficiencia energética, especialmente en los edificios. Según el reporte de la iniciativa New Climate Economy (2016), construir infraestructura energética sostenible proporciona un triple beneficio, como se puede apreciar en el Gráfico 20.

Gráfico 20. Triple beneficio de construir infraestructura energética resiliente



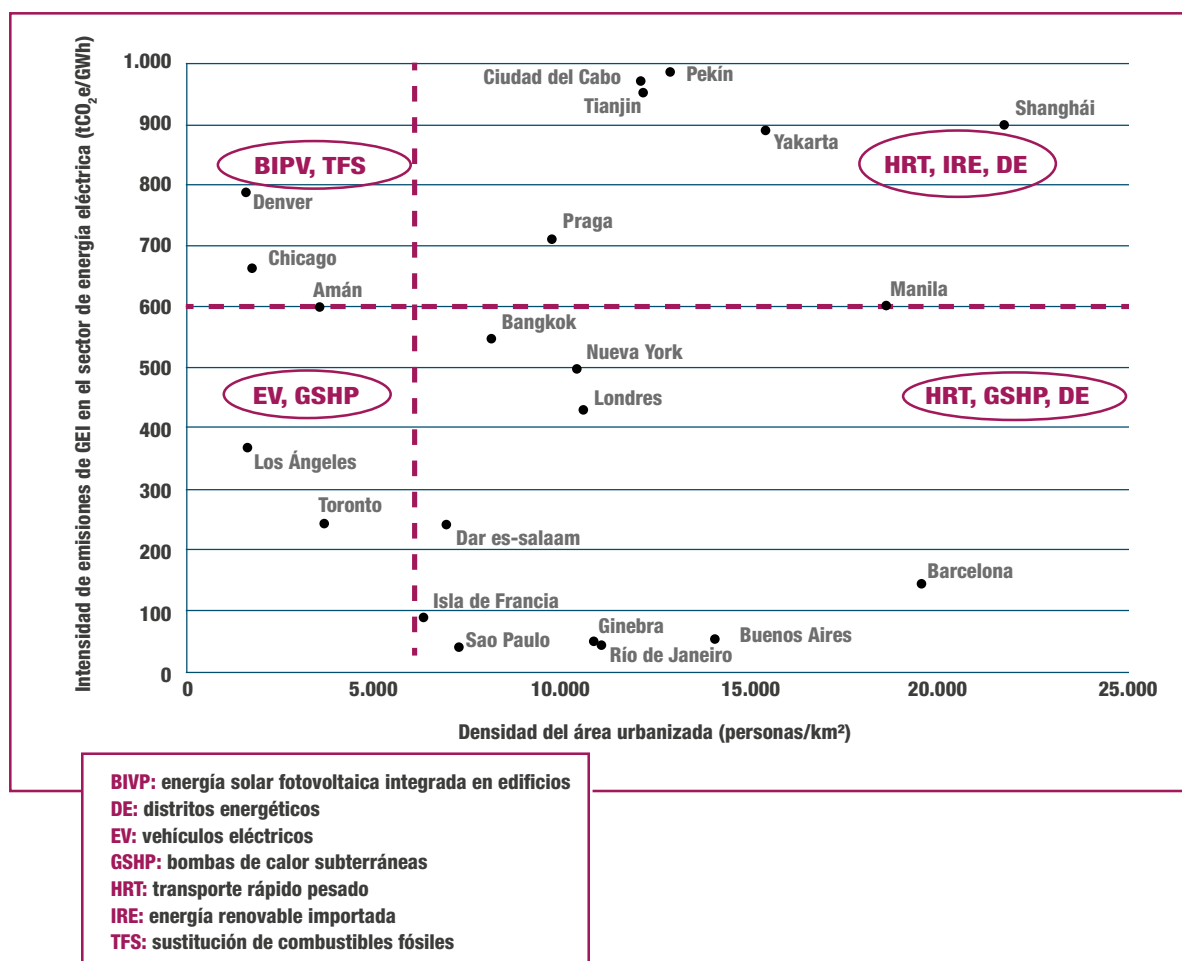
Fuente: adaptado de New Climate Economy (2016).



Transitar hacia las energías renovables en las ciudades contribuye a evitar los riesgos de los grandes activos de carbono y resulta fundamental para construir resiliencia y superar la pobreza. Con el fin de cumplir con la meta global de reducción de GEI, a través de la modificación del uso de la energía a escala urbana, es crítico que las ciudades registren su consumo de energía y lo relacionen con las emisiones de GEI provenientes de cada sistema de producción y distribución utilizado; esto podría ayudar a las ciudades a establecer metas de eficiencia e identificar el mecanismo que menos genera impacto al cambio climático, además de aprovechar su potencial para cumplir con los NDC de los países.

Teniendo en cuenta lo anterior, el Gráfico 21 presenta la relación entre las emisiones de GEI de algunas ciudades y sus sistemas de producción y distribución energética e indica la eficiencia de cada sistema en términos de su aporte al cambio climático.

Gráfico 21. Relación entre las emisiones de GEI de algunas ciudades y sus sistemas de producción y distribución energética

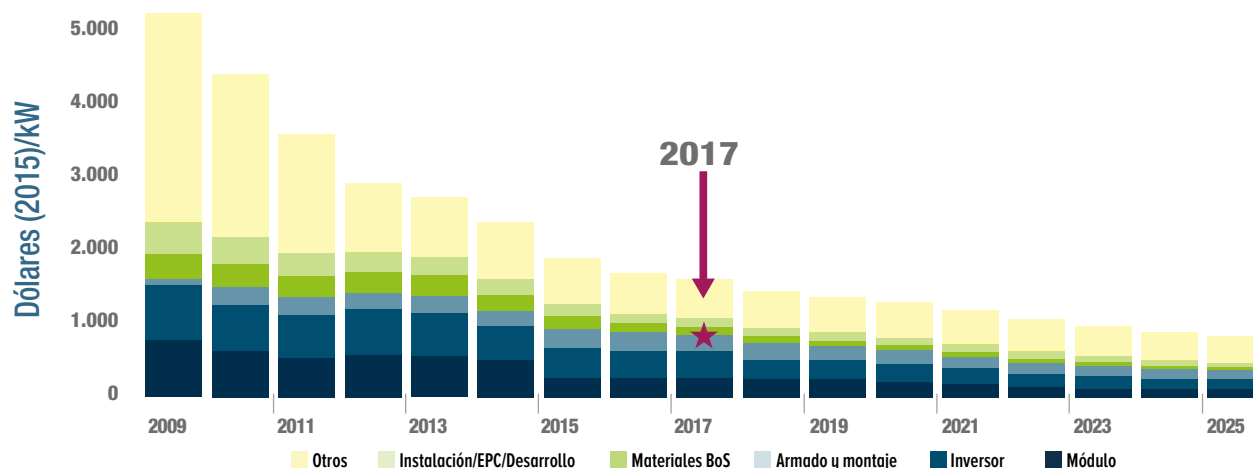


Fuente: Urban Climate Change Research Network (2015).

2.2.1 Sistemas de energía solar fotovoltaica distribuida en áreas urbanas

La energía solar fotovoltaica es una alternativa de generación energética obtenida a partir de la radiación solar, mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica. Este tipo de tecnología proporciona una solución tangible para el autoabastecimiento energético en áreas urbanas y dada la reducción en sus costos de instalación en los últimos tiempos, representa una alternativa energética de fácil acceso. Según Lester Brown, los 1.300 millones de personas que actualmente carecen de energía eléctrica podrían tener acceso a ella a través de paneles solares, lo que genera un menor impacto social y ecológico que grandes proyectos hidroeléctricos. Esta tecnología cada vez se vuelve más asequible en la medida en que los precios de los paneles solares a lo largo del tiempo han caído de manera consistente. En 1972, cada vatio costaba más de 74 dólares, y en 2014, el precio promedio era menos de 70 centavos por vatio; es decir, 99% más económico (Brown & Larsen, 2015). El Gráfico 22 muestra la proyección a 2025 de los costos promedio en dólares/KW en centrales de generación fotovoltaica.

Gráfico 22. Proyección de costos en centrales de generación fotovoltaica

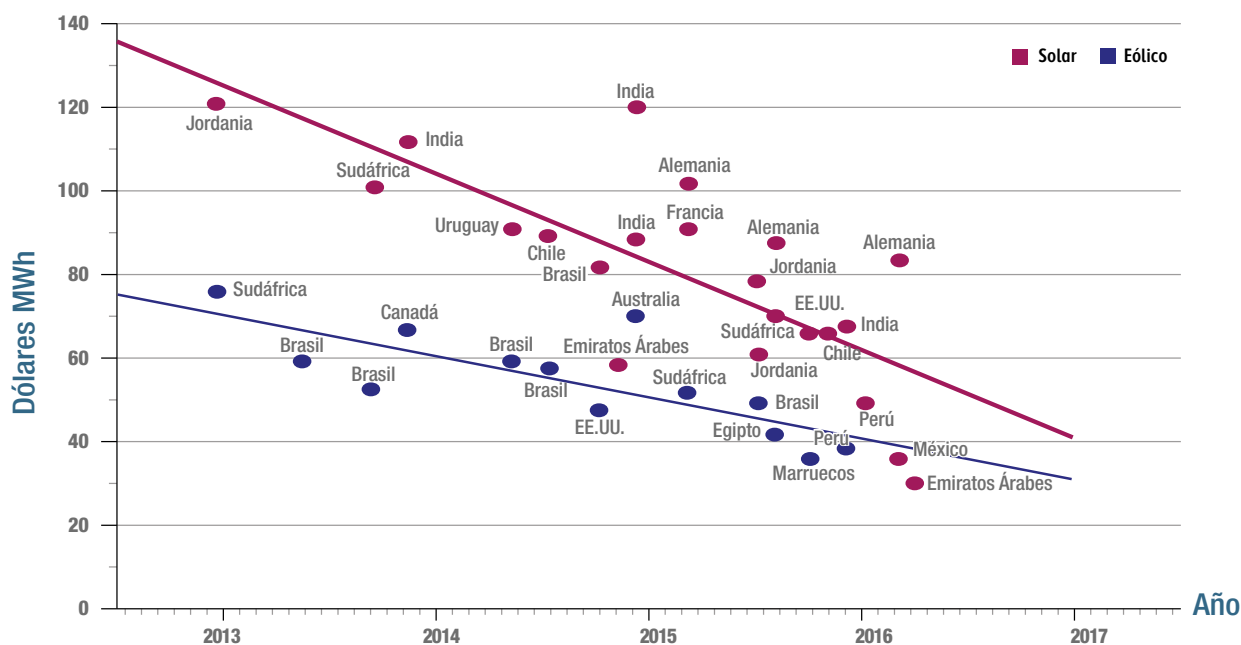


Fuente: REN21 (2017).

La evolución en el precio de los contratos de venta de energía solar y eólica muestra una mayor implementación de sistemas fotovoltaicos, dado que este tipo de alternativas permiten a los gobiernos instalar más potencia en poco tiempo, recibir inversión externa y cumplir con sus compromisos de reducción

de emisiones de manera eficiente, si se comparan con otras medidas. En el Gráfico 23 se registra la variación en precios desde 2013 hasta 2017 en instalación de sistemas de generación energética a partir del sol y el viento.

Gráfico 23. Variación en precios de instalación de sistemas de generación energética solar y eólica, 2013-2017

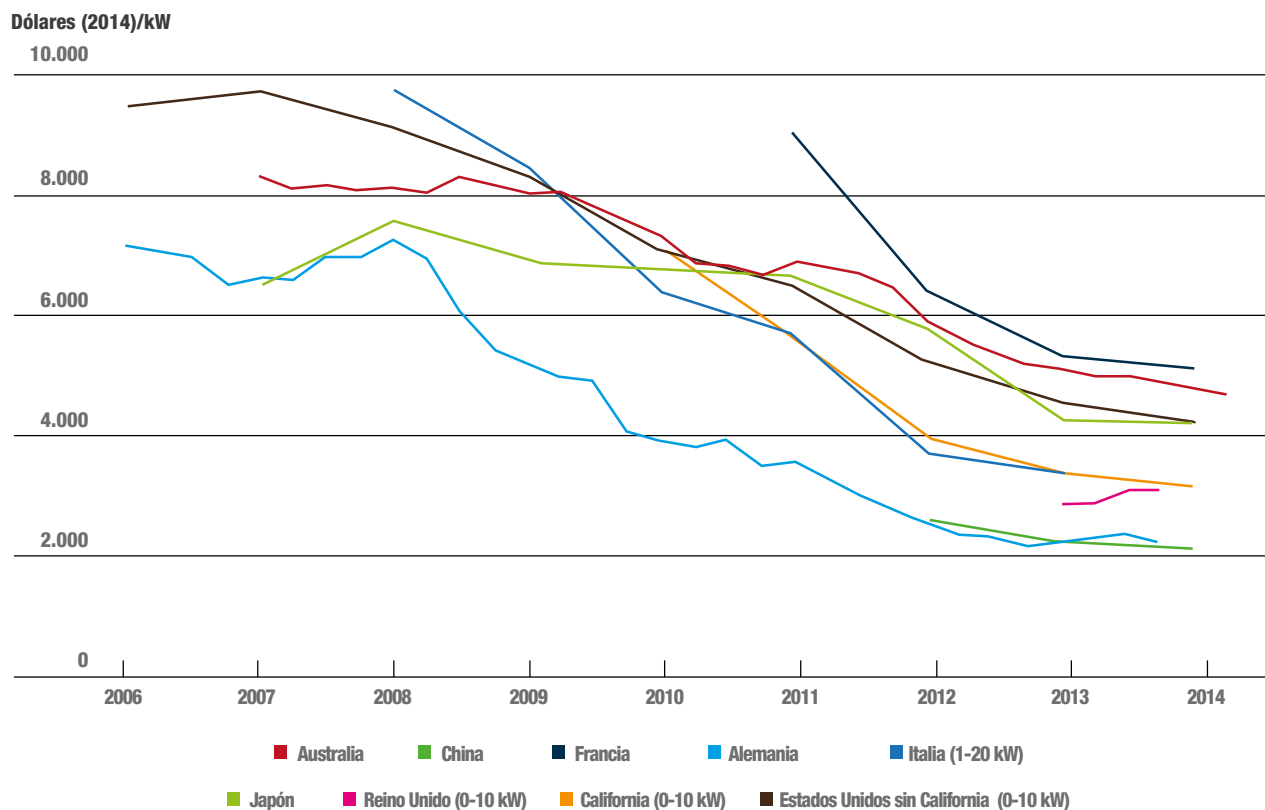


Fuente: REN21 (2017).



Los costos de instalación de sistemas fotovoltaicos en las viviendas también han presentado una reducción significativa, como puede observarse en el Gráfico 24, donde se evidencia que China continua siendo el líder mundial en capacidad instalada, seguido de Alemania.

Gráfico 24. Evolución de los costos de instalación de sistemas fotovoltaicos en viviendas



Fuente: IRENA (2014).

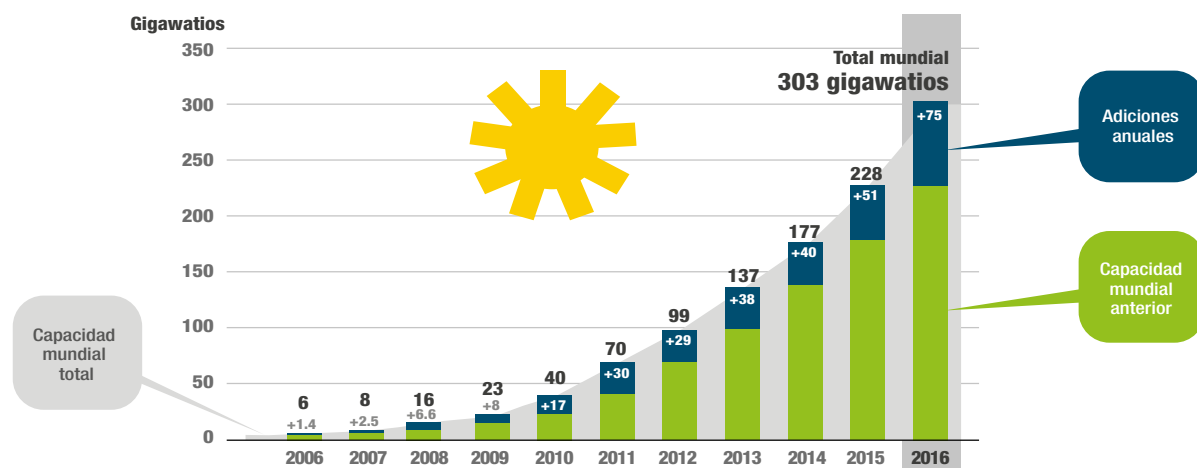
La energía fotovoltaica instalada se ha disparado en los últimos años. Según estimaciones de la Agencia Internacional de Energía –IEA, por su sigla en inglés– se esperaba que el mundo generara 112.000 megavatios de capacidad eléctrica solar en 2015, cifra que fue superada por mucho en 2013. La IEA espera que para 2018 se generen 326.000 megavatios.

Según el reporte *Global Status Report*, a finales del año 2016 había instalados en el mundo 303 GW de energía solar fotovoltaica, como se muestra en los gráficos 25 y 26, siendo China la gran potencia mundial. Durante 2016 se añadieron 75 GW de energía solar fotovoltaica a nivel mundial, lo que equivale a la instalación de más de 31.000 paneles solares cada hora (REN21, 2017).

El número de ciudades alrededor del mundo con compromisos de 100% de generación energética a partir de fuentes renovables continúa creciendo; es el caso de Canberra, Calgary, Tokio, Nueva York, entre otros. Los tomadores de decisión han liderado la promoción de energía renovable en municipalidades a través de instrumentos regulatorios.

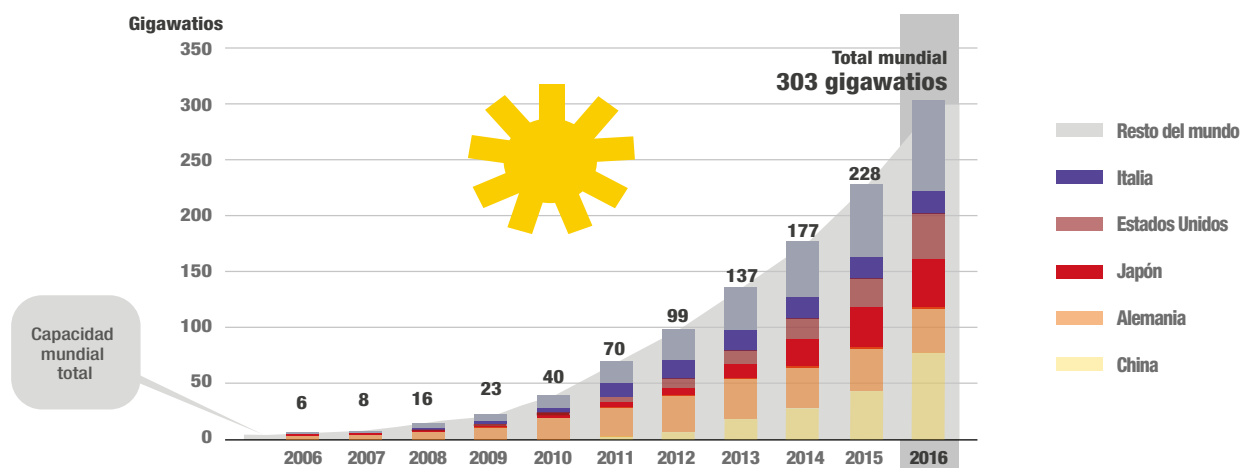
Por ejemplo, la ciudad de Nueva York tiene objetivos de aumentar su capacidad de generación de energía solar fotovoltaica a 1 GW para 2030 y a 100 MWh su capacidad de almacenamiento a 2020; a esta iniciativa se suman California y Massachusetts, quienes también han establecido objetivos ambiciosos de generación y almacenamiento de energía solar (REN21, 2017).

Gráfico 25. Capacidad solar fotovoltaica añadida en el mundo, 2006-2016



Fuente: REN21 (2017).

Gráfico 26. Distribución por países de la capacidad solar fotovoltaica añadida en el mundo, 2006-2016



Fuente: REN21 (2017).

Para impulsar el uso de energía solar fotovoltaica en las ciudades, las autoridades locales juegan un rol fundamental, especialmente por dos razones (REN21, 2017):

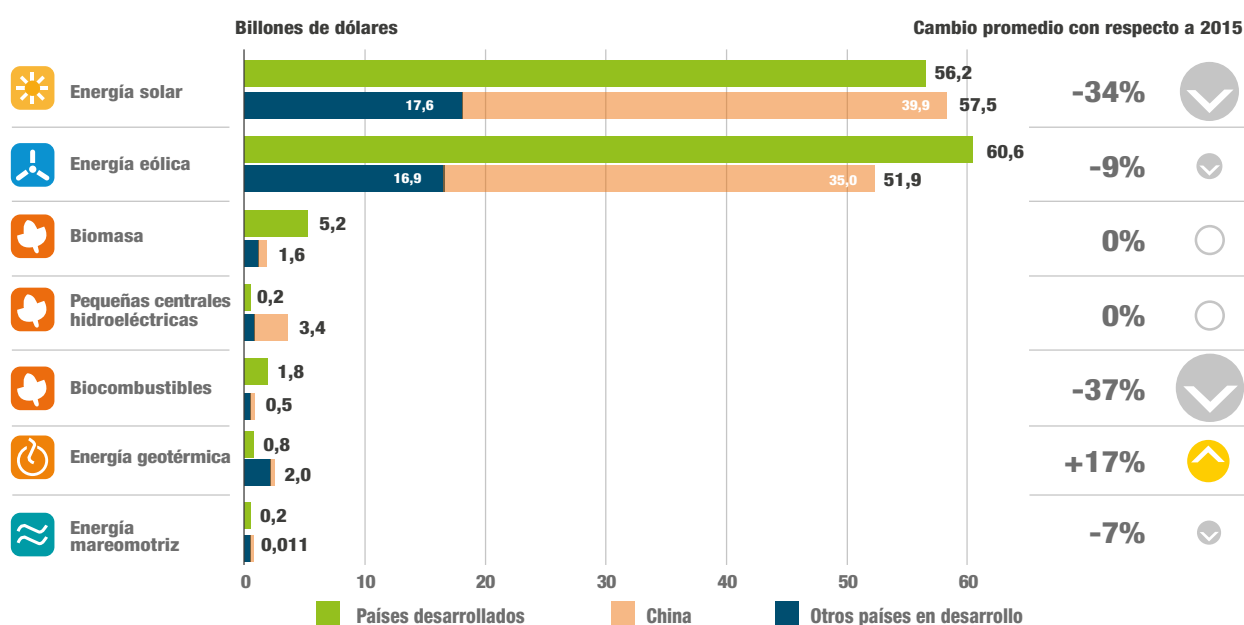
1. Cada vez más creadores de política a nivel local están fijando objetivos y estableciendo políticas para avanzar hacia el uso de energías renovables en sus ciudades.
2. El crecimiento poblacional combinado con la urbanización ha resultado en una demanda cada vez mayor por servicios energéticos; en 2014 las ciudades fueron responsables de más del 65% de la demanda global de energía, aproximadamente 45% más que en 1990.



Con el objetivo de aumentar la participación de la energía solar en las ciudades, múltiples iniciativas lideradas por organizaciones internacionales se han desarrollado, como es el caso de C40 Cities, que en 2016 reunió líderes de las 90 ciudades más grandes del mundo con el fin de presentar una hoja de ruta para cumplir con los objetivos del Acuerdo de París desde el ámbito urbano, haciendo especial énfasis en el sector energético y en el impulso a las energías renovables. El Pacto de Alcaldes por el Clima

y la Energía añadió 600 miembros más, con lo que creció el número de firmantes a más de 7.200 comunidades que representan una población de 225 millones y así reducir el 40% de las emisiones de GEI para 2030. Lo anterior se evidencia en el aumento de las inversiones globales en energías renovables, como se muestra en el Gráfico 27, donde es posible apreciar la alta participación de la energía solar fotovoltaica en comparación con las demás fuentes no convencionales de energía renovable (REN21, 2017).

Gráfico 27. Participación de la energía solar con respecto a las demás fuentes de energía renovable



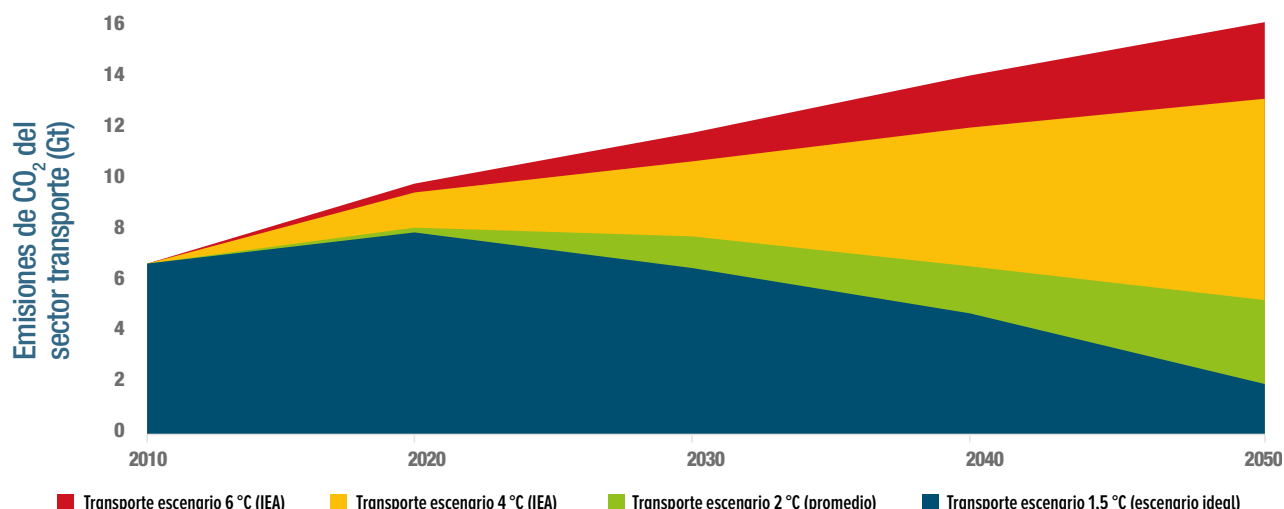
Fuente: REN21 (2017).

2.3 Descarbonización del sector transporte

El Acuerdo de París establece una orientación general de largo plazo sobre la política climática a nivel mundial que lleve a limitar el aumento de la temperatura muy por debajo de 2 °C, incluso por debajo de 1,5 °C, con respecto a los niveles preindustriales y envía un mensaje claro a todos los sectores sobre la necesidad de un cambio abrupto de la dependencia de los combustibles fósiles para el crecimiento económico. Con respecto al transporte, el Acuerdo sugiere que se debe formular un plan de acción para descarbonizar al sector, teniendo en cuenta que es responsable de aproximadamente el

25% de las emisiones de CO₂. Se espera un incremento potencial del doble en la actividad del transporte para 2050, lo que será reflejado en cerca de 12 o 13 gigatoneladas de CO₂ emitidas por año en el escenario BAU –*Business as Usual*–. Lo anterior está impulsado por el desarrollo económico y el crecimiento demográfico en las ciudades con 2,3 mil millones de habitantes urbanos adicionales para 2050 (SLoCaT, 2017). El Gráfico 28 presenta la proyección al año 2025 de emisiones de CO₂ del sector transporte en los escenarios climáticos propuestos por la IEA.

Gráfico 28. Proyección para 2025 de emisiones de CO₂ del sector transporte en los escenarios climáticos propuestos por la IEA



Fuente: IEA (2017).

Bajo este escenario, la descarbonización del sector transporte supone un reto abrumador para el mundo en la medida en que debe atender un crecimiento de la demanda de movilidad y transporte, reducir drásticamente las emisiones de GEI y apoyar el desarrollo social y económico. El transporte es pieza esencial para alcanzar una economía baja en carbono. Su meta global de reducción de emisiones es pasar de 7,7 gigatoneladas por año a 3 o 2 gigatoneladas para mediados de siglo (SLoCaT, 2017). Lograr esta meta requiere de una participación de los sectores público y privado y de la sociedad civil, que permita incrementar y fortalecer la voluntad política; nuevos patrones de consumo; cambios de comportamiento; innovaciones tecnológicas; creación de ecosistemas de movilidad emergentes y nuevos modelos de negocios.

Los vehículos privados representan una importante participación en las emisiones GEI del transporte. A medida que la tasa de propiedad aumenta en los países en desarrollo, la urbanización continúa expandiéndose, superando aún más las distancias entre los hogares, el trabajo, la escuela, los centros comerciales, entre otros. Esto se puede superar con un desarrollo planificado que incluya estrategias para consolidar asentamientos humanos compactos, de alta densidad y de uso mixto del suelo (UN Habitat, 2014).

En los últimos tres años, casi 30 países han iniciado o acelerado reformas sobre sus subsidios a los combustibles fósiles. Muchos de ellos tomando ventaja de los bajos precios del petróleo. Egipto, por ejemplo, amentó el precio a los combustibles en 78% en 2014 y planea duplicarlos en los próximos cinco años. Canadá ha eliminado varios subsidios al petróleo, al gas y a la minería. Indonesia aumentó el precio de la gasolina y el diésel en un 33% para 2012 y a 34% en 2014 e India eliminó los subsidios al diésel en octubre en ese mismo año (New Climate Economy, 2016).

Como se ha mencionado, los sistemas de transporte urbano son los mayores emisores de GEI y están creciendo en 2% o 3% anualmente (UCCRN, 2015). Esto convierte al sector en un asunto esencial para desarrollar resiliencia al cambio climático en las ciudades e impulsar el tránsito hacia sistemas de movilidad sostenible que sean asequibles, seguros y no contaminantes (PNUMA, 2016b). En los países de ingreso medio, el aumento en el nivel económico está incrementando la demanda por vehículos de bajo costo (UCCRN, 2015), lo que sumado a la rápida urbanización y segregación en el uso de la tierra representa desafíos para lograr un desarrollo sostenible en las ciudades y reducir su participación en las emisiones de GEI.

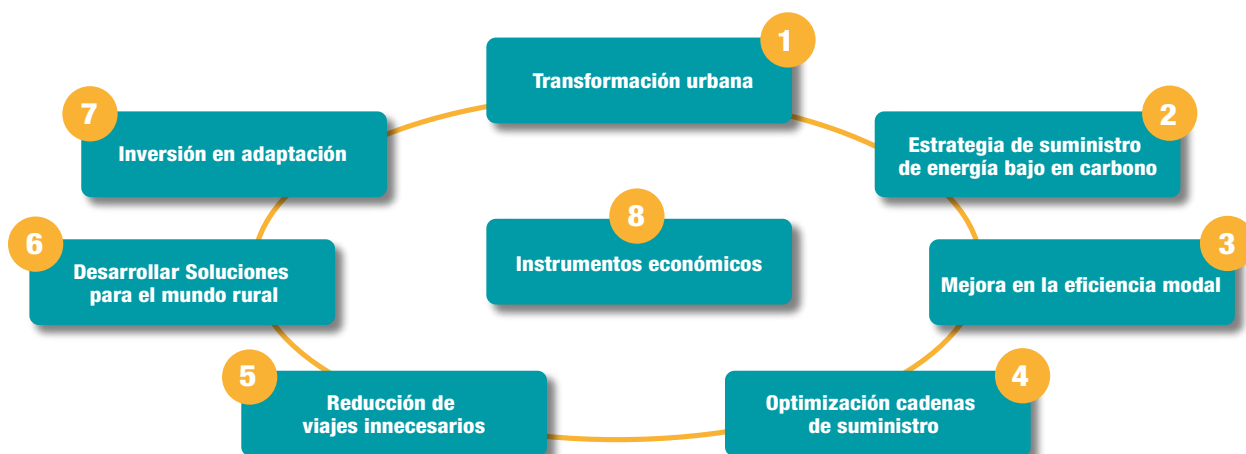
Siguiendo este orden de ideas, las estrategias de transporte integrado bajo en emisiones implican la eliminación de viajes, producto de una mejorada planeación del uso de la tierra, modos alternativos de movilidad y mayor capacidad de sistemas de transporte masivo, entre otras acciones (UCCRN, 2015). Dentro de los beneficios de este tipo de sistemas se destacan la disminución de costos en infraestructura, menos problemas de salud pública, mejor calidad del aire y reducción en la congestión del tránsito vehicular.

Dadas las interdependencias entre el transporte y otros sectores urbanos, cualquier cambio en este puede generar impactos significativos para toda la ciudad. Para minimizar estos cambios, los creadores de políticas públicas deberán considerar un enfoque de manejo de riesgos, dentro de los sistemas de transporte, que explícitamente responda a la interconectividad entre clima, transporte, movilidad, seguridad, equidad, entre otros sectores urbanos relevantes.

Finalmente, un transporte bajo en carbono deberá también ser socialmente inclusivo, lo que puede mejorar la resiliencia de la ciudad a los impactos del cambio climático. Los sistemas de transporte urbano centrados en el automóvil no proporcionan movilidad para un segmento significativo de la población urbana. Las mujeres, los ancianos, los pobres, los que no conducen y las personas desfavorecidas,

necesitan sistemas de transporte urbano que vayan más allá de permitir el movimiento de gente y fomenten la movilidad social (UCCRN, 2015). El Gráfico 29 muestra el marco del *road map* para la descarbonización del sector transporte a nivel mundial propuesto por SLoCaT (2017) y el Gráfico 30 relaciona estos componentes con el cumplimiento de los ODS propuestos en la Agenda 2030.

Gráfico 29. Marco del *road map* para la descarbonización del sector transporte a nivel mundial propuesto por SLoCaT



Fuente: SLoCaT (2017).

Gráfico 30. Impacto del marco del *road map* para descarbonizar el sector transporte propuesto por SLoCat con los ODS

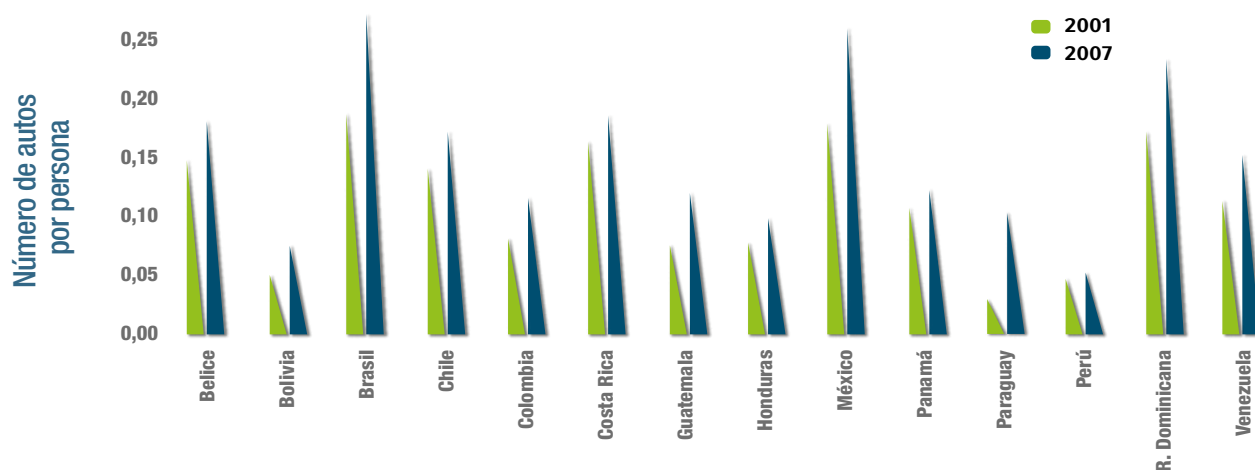


2.3.1 Transporte eléctrico en América Latina

Actualmente, América Latina y el Caribe es una de las regiones más urbanizadas del mundo: aproximadamente el 80% de su población vive en ciudades. Con el aumento de ingresos y el incremento en la tasa poblacional, las urbes latinoamericanas experimentan un crecimiento horizontal. En términos de movilidad esto se refleja en viajes más largos, lo que lleva a una necesidad de crear medios de transporte masivos rápidos, los cuales generan mayores emisiones de GEI y contaminantes atmosféricos y, a

su vez, aumentan la carga de morbilidad y mortalidad asociada a la calidad del aire y los efectos del cambio climático. Según estimaciones de la Unión Europea, la flota de automóviles en la región podría triplicarse en los próximos 25 años y así superaría los 200 millones de unidades para el año 2050 (PNUMA, 2016c). El Gráfico 31 evidencia el aumento en la tasa de motorización en países de América Latina y el Caribe en términos de número de autos por persona desde 2001 hasta 2007.

Gráfico 31. Tasa de motorización en países de América Latina y el Caribe en términos de número de autos por persona, 2001-2007



Fuente: Cepal (2009a).

Como se ha mencionado, la rápida urbanización y el incremento de las emisiones causadas por el sector transporte en América Latina requieren de respuestas concretas que disminuyan las externalidades de un sistema no sostenible, las cuales representan una carga a la salud pública, el ambiente y la economía. Teniendo en cuenta lo anterior, la movilidad eléctrica en la región es un paso para reducir la dependencia de los combustibles fósiles y mitigar el cambio climático en las ciudades latinoamericanas (PNUMA, 2016c).

Según el Banco Interamericano de Desarrollo, en esta zona del mundo existe una tendencia creciente hacia la motorización¹¹, lo que sumado a una planificación dispersa de las ciudades genera mayores horas de viaje, congestión vehicular, además de los impactos a la salud y en el cambio climático (BID, 2013b). Un transporte público eficiente, junto a un diseño de ciudad e infraestructura urbana que favorezca caminar y hacer uso de la bicicleta, puede reducir este indicador.

En América Latina, el transporte tiene una alta participación en los inventarios de GEI, al punto que supera la generación eléctrica. En promedio se estima que este sector es el responsable del 19% de las emisiones de CO₂ de la región (WRI, 2016). En este contexto, el transporte presenta importantes oportunidades de mitigación, a las que se agregan co-beneficios como

¹¹ Más personas que poseen vehículos y/o se desplazan un número mayor de kilómetros en vehículos personales.

promover el desarrollo social local de manera sostenible y económicamente eficiente, mejorar la salud pública, disminuir la desigualdad social y optimizar la competitividad económica de las ciudades.

Durante los últimos años, el transporte no motorizado, TNM, ha tomado un fuerte protagonismo en América Latina. Esta modalidad es significativa por cuanto representa entre 25% y 40% del total de viajes en la mayoría de las ciudades de la región. Comúnmente en países de América del Norte, el uso de TNM oscila entre 5% y 10% (BID, 2013b). De acuerdo con el estudio *Biciudades* del BID, en 2013, en las ciudades con mayor población de la región se realizaban de 84.000 a 1.000.000 de viajes diarios en bicicleta (BID, 2013a).

El aumento de vehículos eléctricos en América Latina significaría una disminución aproximada de 1,4 gigatoneladas de CO₂ y un ahorro en combustibles cercano a 85.000 millones de dólares para el periodo 2016-2050. En términos económicos, de acuerdo con el International Council on Clean Transportation, ICCT, para 2016, el costo incremental¹² de un automóvil liviano eléctrico era de aproximadamente 9.000 euros, el cual se estima que se reducirá a menos de 1.000 euros en el año 2025, principalmente a causa de la disminución del precio de las baterías (PNUMA, 2016c).

¹² Incremento de costo respecto a un vehículo convencional.



A nivel energético, esta región presenta las mejores condiciones para que los vehículos eléctricos entreguen sus mayores beneficios respecto al cambio climático, ya que la electricidad tiene un alto potencial para ser generada a partir de fuentes no convencionales de energías renovables (PNUMA, 2016c). Por otra parte, en lo que concierne a la salud pública, el aumento de la participación de vehículos eléctricos, en el marco de un sistema de movilidad sostenible, puede proporcionar importantes beneficios para la población latinoamericana, al reducir su exposición a altos niveles de contaminación atmosférica y, como consecuencia, los costos sociales en atención a salud y muertes por esta causa (PNUMA, 2016c).

A pesar de los beneficios y oportunidades mencionados anteriormente, en la región se presentan dificultades significativas para desplegar la movilidad eléctrica, como la presencia de subsidios a los combustibles fósiles, un suministro eléctrico de calidad inferior al de los países desarrollados y regulación de eficiencia energética incipiente en los mercados automotrices, siendo este último un aspecto esencial para aumentar la competitividad de los vehículos

eléctricos frente a los convencionales. Para superar estas brechas, algunos países han desarrollado mecanismos jurídicos que fomentan la movilidad eléctrica como excepciones al pago del impuesto al valor agregado, IVA, y permisos de circulación, exención de aranceles de importación, tarifas eléctricas diferenciadas, exención de impuestos ambientales y ausencia de restricciones vehiculares, entre otros (PNUMA, 2016c). El Gráfico 32 presenta un resumen de incentivos a la movilidad eléctrica que se han dado en América Latina y el Caribe.

A pesar de los incentivos que muestra el Gráfico 32, los vehículos eléctricos aún no han logrado permear significativamente el mercado regional. Según estimaciones de la Unión Europea, la flota de estos vehículos en América Latina y el Caribe es menor a 4.000 unidades, con flotas de 100 a menos vehículos por país, a excepción de Brasil, donde se calcula una flota aproximada de 3.000 vehículos incluyendo híbridos (PNUMA, 2016c). El Gráfico 33 muestra los tres aspectos que ONU Ambiente y la Unión Europea recomiendan para promover la transición hacia una movilidad eléctrica en la región.

Gráfico 32. Algunos incentivos a la movilidad eléctrica en América Latina y el Caribe

Incentivo /país	Argentina	Brasil*	Colombia	Costa Rica**	Chile	Ecuador	México	Uruguay
Exención de IVA		●	●			●		
Exención de permiso de circulación		●		●			●	
Exención de programas de restricción vehicular			●	●	●		●	
Exención de impuestos aduaneros			●	●		●		●
Exención de impuesto a consumos especiales				●		●		
Tarifa eléctrica diferenciada					●	●	●	
Exención de impuesto ambiental					●	●		

**En el caso de Brasil, los incentivos son a nivel estatal, no federal

**Basado en actual propuesta de ley sobre movilidad eléctrica en Costa Rica

Fuente: PNUMA (2016c).

Gráfico 33. Aspectos claves para impulsar la movilidad eléctrica en América Latina y el Caribe



Marco regulatorio

- Condiciones normativas y de política fiscal en los mercados de vehículos nuevos para que los automóviles convencionales internalicen sus costos ambientales y energéticos.
- Aspectos normativos propios de los vehículos eléctricos, como exigencias especiales de su vida útil, seguridad para la operación normal, carga, accidentes, y reutilización y reciclaje de baterías.

Mercado de combustibles

- Corregir los mercados de combustibles en términos de calidad de combustibles y subsidios, de forma tal que expresen sus precios reales.

Abastecimiento eléctrico

- Generar los suministros necesarios para el establecimiento de redes de carga que permitan la operación de vehículos eléctricos, primero en zonas urbanas y, progresivamente, para ampliar la cobertura a nivel nacional y regional.

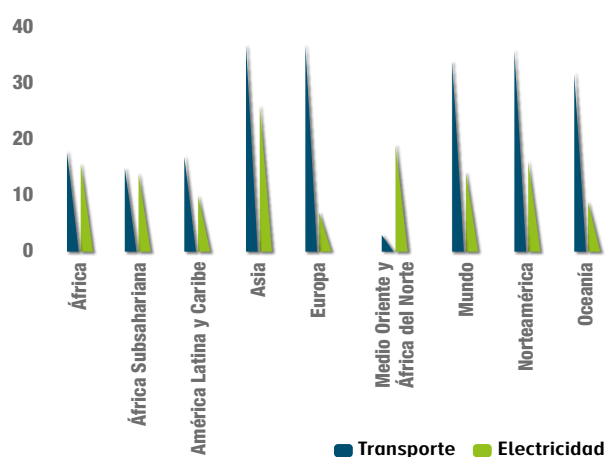
Fuente: adaptado de PNUMA (2016c).

2.3.2 Movilidad urbana sostenible

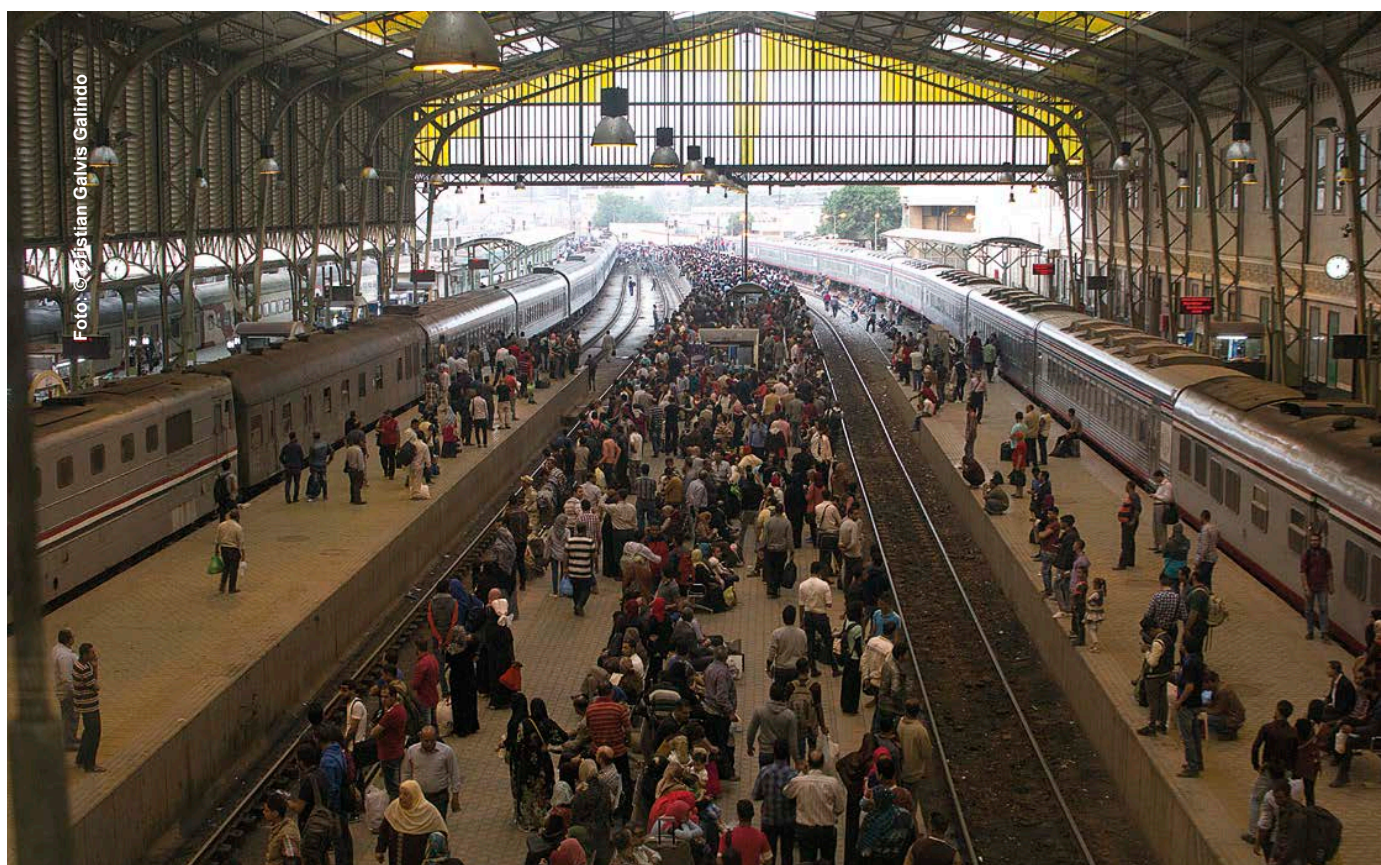
Actualmente, la movilidad de personas y bienes representa el 20% del consumo global de energía primaria y es responsable de una cuarta parte de las emisiones de CO₂ del total de la demanda energética en el mundo. El petróleo es el principal combustible utilizado en los medios de transporte y, según la Cepal, su uso predominante se ha dado a causa de su alta densidad energética, su competitividad

de precio en comparación con otras alternativas y el *lock-in* tecnológico, es decir, la dependencia de las tecnologías e infraestructura de transporte heredadas y las dificultades que presenta la sustitución a gran escala (Cepal, 2008). En el Gráfico 34 se comparan las emisiones de GEI del transporte con la producción de energía eléctrica y permite observar que en todos los casos el transporte tiene una mayor participación en los inventarios.

Gráfico 34. Emisiones del sector transporte vs. generación de electricidad



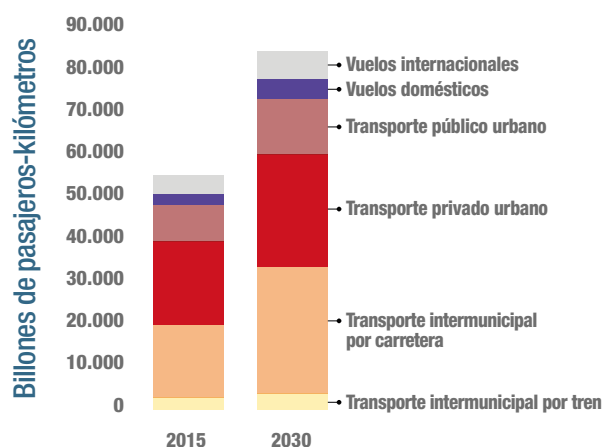
Fuente: WRI (2016).



La movilidad es y será un asunto crítico para las ciudades, en la medida en que cada año se incrementa la demanda de personas y mercancías que deben desplazarse. En 2030, el tráfico anual de pasajeros superará los 80 trillones, un incremento del 50% con respecto al año 2015, mientras que los volúmenes de carga global crecerán un 70% en el mismo periodo.

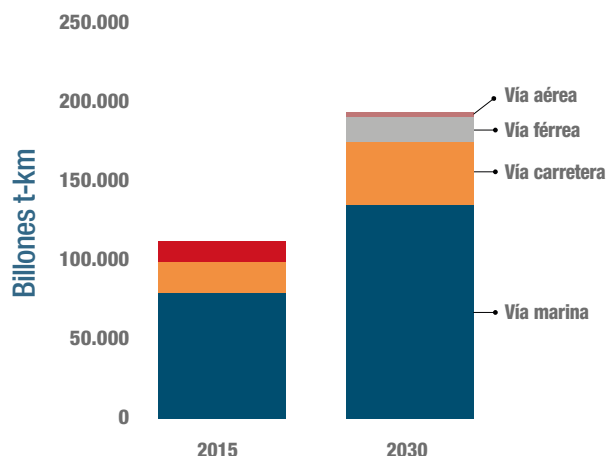
La flota de vehículos aumentará en 1.200 millones de unidades, cerca del doble de la cantidad actual (Sustainable Mobility for All, 2017). Los gráficos 35 y 36 muestran el incremento global en los volúmenes de transporte de pasajeros y de carga, respectivamente, para el año 2015 y su proyección al año 2030, en el escenario BAU.

Gráfico 35. Incremento global en los volúmenes de transporte de pasajeros 2015 y proyección 2030, escenario BAU



Fuente: Organisation for Economic Co-operation and Development (2017).

Gráfico 36. Incremento global en los volúmenes de transporte de carga 2015 y proyección 2030, escenario BAU



Fuente: Organisation for Economic Co-operation and Development (2017).

La forma usual de ocupación de las áreas urbanas, sumada al proceso desigual de distribución de empleos y servicios públicos, ocasiona problemas de circulación de personas y mercancías, lo que afecta en mayor proporción a los usuarios más vulnerables, como peatones y ciclistas. Solo en América Latina se proyecta un incremento de la población a 531 millones de habitantes para 2020 y 597 millones hacia 2030, lo que agregará, respectivamente, 90 millones y 155 millones de habitantes a las áreas urbanas; estas personas realizarán cerca de 150 millones de viajes diarios, ya sea a pie, en bicicleta, utilizando el transporte público, en automóvil o en motocicleta (Cepal, 2008). Tal panorama hace de la movilidad urbana una prioridad en la planificación de las ciudades de la región.

En el escenario de 2 °C, la movilidad representa un asunto clave para minimizar los efectos del cambio

climático. Además, tiene un fuerte potencial de mejorar la calidad de vida y el sustento de miles de millones de personas. En contraste, en un escenario BAU, la movilidad puede engendrar graves desigualdades en el progreso económico y social de los países, intensificar el uso de combustibles fósiles, degradar los recursos naturales y añadir un mayor número de muertes por accidentes relacionados con el transporte y la contaminación del aire (Sustainable Mobility for All, 2017).

Los sistemas de movilidad urbana deben contemplar el enfoque ASI –sigla en inglés de *avoid, shift & improve*, que en español significa: evitar, cambiar y mejorar–. Estos pilares son acuñados del informe *Eficiencia energética y movilidad en América Latina y el Caribe: una hoja de ruta para la sostenibilidad*, publicado por la Cepal en 2014, y se detallan en el Gráfico 37.

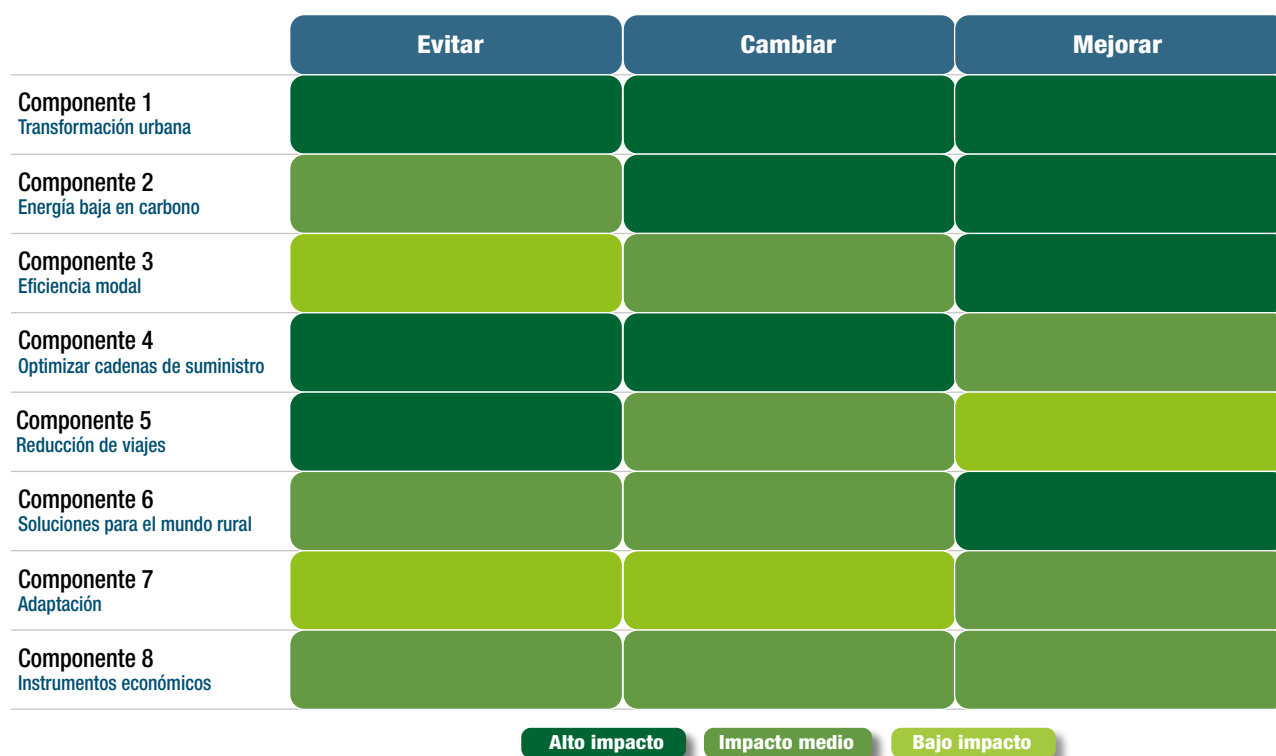
Gráfico 37. Enfoque ASI propuesto por la Cepal



Fuente: adaptado de Cepal (2014).

Teniendo en cuenta el marco del *road map* para descarbonizar el sector transporte (ver Gráfico 30) propuesto por SloCaT (2017), el enfoque ASI genera importantes impactos para desligar la movilidad de combustibles fósiles. Esto puede apreciarse en el Gráfico 38.

Gráfico 38. Impactos del enfoque ASI para descarbonizar el sector transporte



Fuente: SLoCaT (2017).

Además de los criterios propuestos por la Cepal a la hora de planificar un sistema de movilidad sostenible, el Gráfico 39 resume los cuatro pilares sugeridos por la iniciativa global Sustainable Mobility for All, SUM4ALL, establecida en 2017, la cual representa un esfuerzo global para promover una movilidad sostenible, segura y resiliente al cambio climático en las ciudades.

Gráfico 39. Criterios para avanzar hacia una movilidad sostenible propuestos por SUM4ALL



Fuente: adaptado de Sustainable Mobility for All (2017).

Finalmente y en términos de marco regulatorio, las políticas públicas sobre movilidad sostenible en áreas urbanas deben promover los aspectos que se muestran en el Gráfico 40.

Gráfico 40. Aspectos que deben promover las políticas públicas de movilidad sostenible



Fuente: elaboración propia.

2.4 Infraestructura sostenible y resiliente en las ciudades

El concepto de resiliencia aplicado a las ciudades representa un reto para los planificadores urbanos, en la medida en que estos desarrollan proyectos de infraestructura y ordenamiento del territorio que permanecen en las ciudades por períodos prolongados. Este paradigma ha evolucionado, pero aún se requiere cambiar la perspectiva de los tomadores de decisión hacia una que incluya la administración de sistemas urbanos en constante cambio, entendiendo el dinamismo de las ciudades. Solo recientemente los planificadores urbanos han cambiado sus paradigmas y

hoy en día tratan de desarrollar más proyectos y medidas que aborden la lógica de la resiliencia, la cual contempla cuatro aspectos claves:

1. La gente (en el centro)
2. Los lugares
3. El conocimiento existente en estos lugares
4. Las actividades y prácticas a nivel local y regional

Como se mencionó, el desarrollo de la resiliencia urbana es complejo, en particular para las ciudades en rápido crecimiento. Sin embargo, se ha convertido en parte fundamental de la agenda de ciudades en todo el mundo. Mientras más resiliente es una ciudad a los cambios y tensiones, mayor es la probabilidad de que “rebote” a su estado normal y los ciudadanos retomen sus vidas y medios de subsistencia con la menor pérdida de bienes y tasas de mortalidad (New Climate Economy, 2016).

En el ámbito internacional, la infraestructura sostenible juega un importante rol en la Nueva Agenda Urbana. ONU Hábitat define este concepto como aquella infraestructura que está diseñada, desarrollada, mantenida, reutilizada y operada de tal manera que garantice la mínima sobrecarga de recursos e impactos al entorno natural y promueva la economía (UN Habitat, 2014). El desarrollo de infraestructura sostenible en áreas urbanas contribuye al mejoramiento del bienestar y la salud pública, la igualdad social, la diversidad, y la mitigación y adaptación al cambio climático; además,

promueve la consolidación de asentamientos humanos seguros y resilientes.

De acuerdo con ONU Ambiente, el sector de la construcción es el que mayor contribuye a las emisiones globales de GEI: aproximadamente un tercio del uso total de la energía corresponde a los edificios. La principal fuente de emisiones en las edificaciones es la energía que consumen para los sistemas de calefacción, refrigeración e iluminación. Además, se incluyen aquellas emisiones que se producen a lo largo de su ciclo de vida, pasando por su construcción y teniendo en cuenta los materiales usados, los residuos luego de las obras, hasta su operación y funcionamiento. Para 2030 se espera que el total de emisiones de los edificios en países rápidamente industrializados supere los niveles de emisiones de los edificios en países en desarrollo (ONU Ambiente, 2016b).

A pesar de la importancia de la infraestructura urbana sostenible y resiliente, existe un déficit de inversión en este sector, el cual se evidencia en el retraso y el estado de una infraestructura que no responde



Foto: © Cristian Galvis Galindo

a los retos globales que afronta el mundo, como la alta y acelerada tasa de urbanización, el incremento exponencial en el consumo energético, la degradación de los recursos naturales no renovables y el cambio climático. A nivel mundial, se necesitan 57.000 millones de dólares de inversión en infraestructura en el periodo comprendido entre 2013 y 2030, para sustentar el actual crecimiento económico y la urbanización (UN Habitat, 2014). Esta nueva infraestructura cuenta con un número significativo de oportunidades costo efectivas para reducir la emisión de GEI en el sector de la construcción y el funcionamiento de edificios, a través del uso de tecnologías existentes que pueden disminuir el consumo de energía entre 30% y 80% en los nuevos edificios y los ya existentes (ONU Ambiente, 2016b), lo que a su turno puede representar ahorros económicos y nuevas oportunidades de negocio.

La infraestructura sostenible y resiliente es un imperativo para alcanzar un crecimiento urbano justo, equitativo, sostenible y que responda a los retos climáticos. También permite cerrar brechas sociales, eliminar la pobreza, proporcionar mayores oportunidades laborales, mejorar la calidad de vida y el acceso a servicios básicos y educación. La infraestructura tiene un profundo impacto en los objetivos climáticos, pues el uso de la capacidad total de la actual infraestructura está asociado con el 60% de las emisiones de GEI (New Climate Economy, 2016). La infraestructura climáticamente inteligente y resiliente será crucial para que el mundo se adapte a los impactos del cambio climático que ya están generando muertes, desplazamientos y pérdidas económicas y, en particular, para proteger a las personas más pobres y vulnerables. En este contexto, impulsar la construcción de infraestructura sostenible y resiliente es quizás la manera más eficiente para cumplir con la meta global de reducción de emisiones y garantizar un crecimiento a largo plazo, incluso y sostenible.

Una definición holística de infraestructura sostenible comprende tanto tipos tradicionales de la misma, como sistemas energéticos para el transporte público, edificios, sistemas de abastecimiento hídrico y saneamiento básico, etcétera, así como infraestructura natural como bosques, humedales, rondas de protección de cuencas hidrográficas, entre otros espacios naturales que confluyen en las ciudades. Teniendo en cuenta lo anterior, el término sostenible acuñado a la infraestructura significa asegurar que

los sistemas que se construyan sean compatibles con las metas ambientales y sociales, por ejemplo, limitando la contaminación del agua y el aire, promoviendo el uso eficiente de los recursos, integrando el desarrollo urbano y asegurando los servicios de movilidad y energía para todos, bajo un modelo de cero emisiones y/o de reducciones en el consumo. Lo anterior incluye infraestructura que apoye la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales y contribuya a mejorar los medios de subsistencia y el bienestar social (New Climate Economy, 2016).

En contraste, la infraestructura insostenible atenta directamente contra la salud de las personas, ya que causa, entre otros peligros, enfermedades respiratorias, exposición a aguas insalubres, mayores accidentes automovilísticos, congestión vehicular y presiones sobre el suelo, el bienestar y la disponibilidad de los servicios ecosistémicos, lo cual genera, además, cargas para las futuras generaciones, como tierras improductivas y mayores riesgos a causa del cambio climático (New Climate Economy, 2016).

El mundo espera invertir cerca de 90 trillones de dólares en infraestructura en los próximos 15 años, más de lo invertido en la actual infraestructura. Estas inversiones son necesarias para remplazar la vieja infraestructura en economías avanzadas y para soportar un mayor crecimiento y cambio estructural en los mercados emergentes y los países en desarrollo. Esto requerirá un aumento global significativo en las inversiones, de los actuales 3,4 trillones de dólares por año a cerca de 6 trillones de dólares por año (New Climate Economy, 2016).

De acuerdo con el informe *The sustainable infrastructure imperative: financing for better growth and development* de la Comisión Global de Economía y Clima, invertir en una infraestructura urbana sostenible que respalde un crecimiento compacto, conectado y resiliente en las ciudades, podría generar altos rendimientos en múltiples niveles:

- 🏠 El desarrollo urbano compacto podría reducir las necesidades de infraestructura urbana global en más de 3.000 millones de dólares de 2015 a 2030 y favorecer el transporte público sobre la dependencia del transporte motorizado personal, lo que a su vez limita las emisiones de GEI y mejora la calidad del aire urbano.

🏠 Invertir en el transporte público, aumentar la eficiencia y mejorar la gestión de los residuos podría ahorrar a las ciudades alrededor de 17.000 millones de dólares en todo el mundo para el año 2050 –solo en ahorro de energía– y reducir aún más las emisiones de GEI, además de aumentar la resiliencia.

Teniendo en cuenta que, para 2050, dos tercios de la población mundial vivirán en las ciudades, se espera que más del 70% de la demanda mundial de infraestructura en los próximos 15 años se presente en áreas urbanas. Los países de bajos ingresos, en particular, enfrentan el desafío de seguir vías de desarrollo –incluida una inversión sustancial en infraestructura– mientras enfrentan los crecientes impactos adversos del cambio climático. Garantizar que la inversión en infraestructura tenga en cuenta el riesgo del cambio climático, en términos de amenazas naturales como temperaturas extremas, inundaciones y sequías, determinará su sostenibilidad. Por otro lado, la infraestructura construida de manera deficiente en áreas de rápida urbanización intensificará la vulnerabilidad a los impactos climáticos (New Climate Economy, 2016).

En términos económicos, la financiación de infraestructura urbana sostenible se ve obstaculizada por

muchas de las mismas barreras que enfrenta la infraestructura en general. Muchas ciudades de todo el mundo tienen limitaciones para conservar sus fuentes de ingresos locales, contraer deudas, invertir en grandes proyectos y participar en asociaciones público-privadas. Así mismo, diversos proyectos se ven obstaculizados por el hecho de que incluyen bienes públicos. La escala de las inversiones de capital, especialmente para los sistemas de transporte, como el transporte rápido en autobús –*Bus Rapid Transit*, BRT–, tren ligero y metro, a menudo supera ampliamente la capacidad de los gobiernos nacionales y locales. Sin embargo, cuando las condiciones públicas favorecen la asociación con el sector privado, el financiamiento en infraestructura se fortalece y se consolida un ambiente fructífero de inversión (New Climate Economy, 2016)

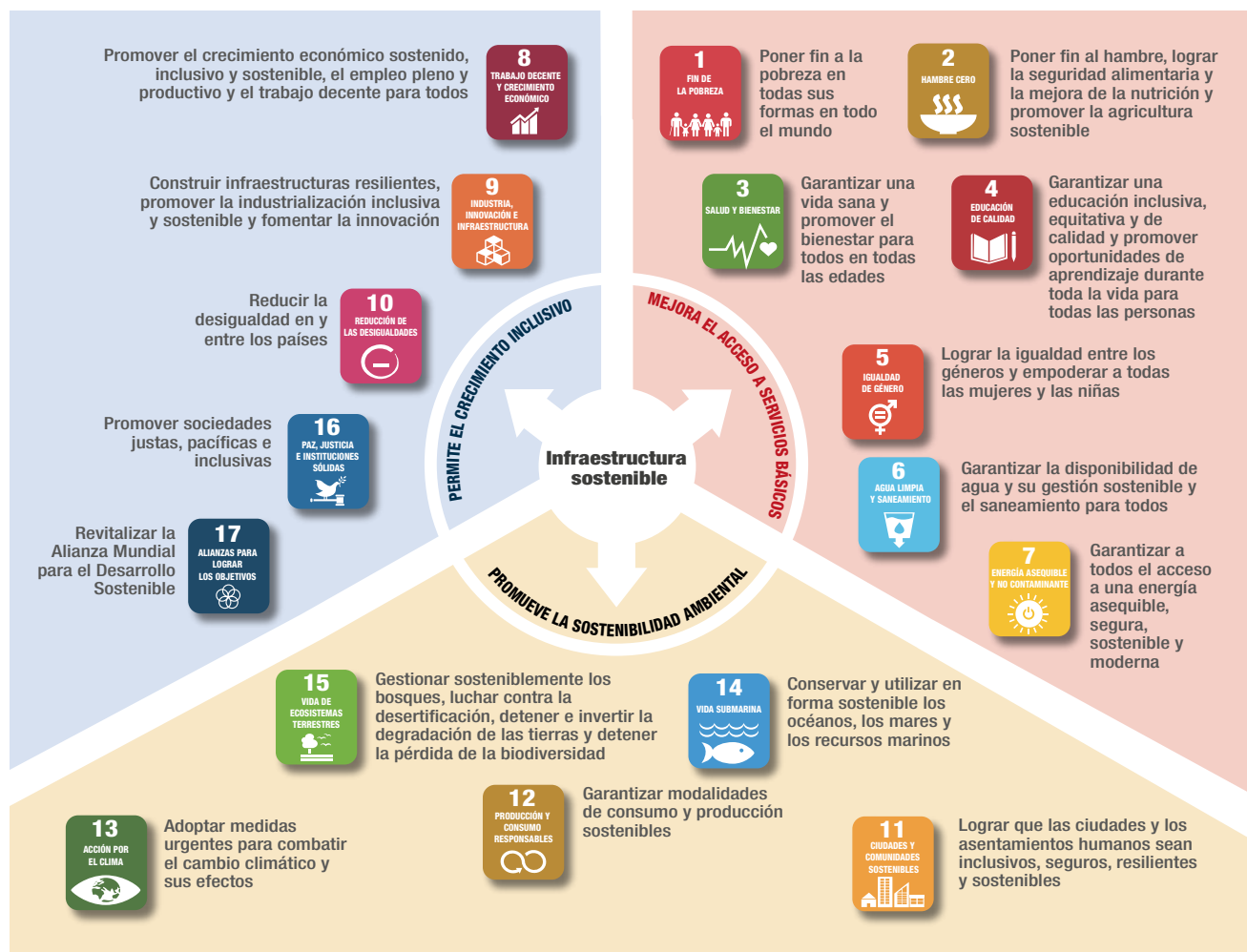
Finalmente, la infraestructura que se construya debe seguir el círculo virtuoso de la resiliencia definido por Naciones Unidas, como se muestra en el Gráfico 41, lo que además de enfrentar el cambio climático permite avanzar en el cumplimiento de las metas de la Agenda 2030 y sus ODS, como se relaciona en el Gráfico 42.

Gráfico 41. Círculo virtuoso de la infraestructura sostenible



Fuente: Naciones Unidas (2012).

Gráfico 42. Relación de la infraestructura sostenible con el cumplimiento de los ODS



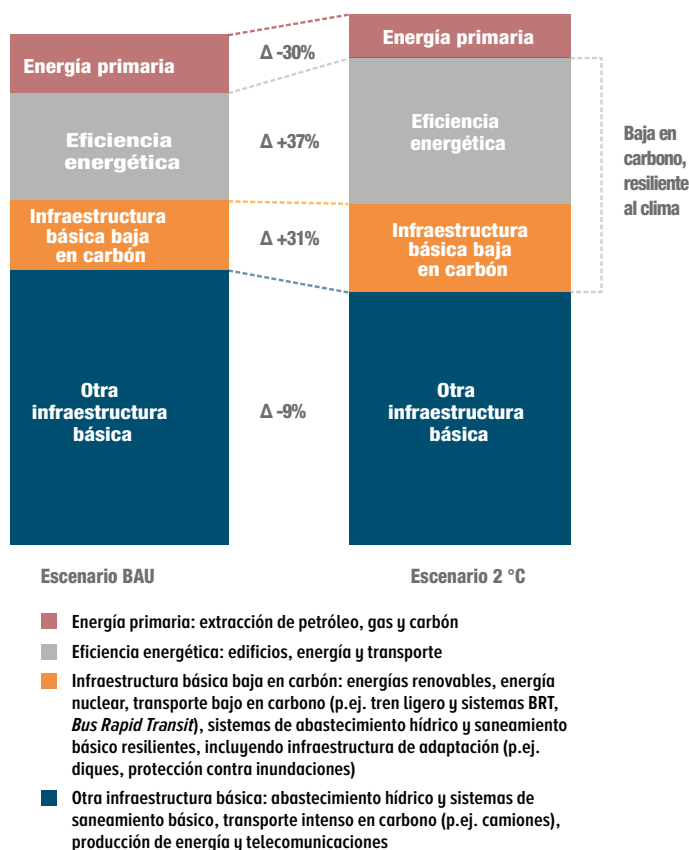
Fuente: New Climate Economy (2016).

2.4.1 El rol de la infraestructura para enfrentar el cambio climático

La infraestructura juega un rol esencial para enfrentar el cambio climático. De acuerdo con el IPCC, el desarrollo de estrategias de mitigación fundamentadas en el ordenamiento del territorio y en el suministro de infraestructura eficiente en regiones de rápido crecimiento y que presentan altas tasas de urbanización, puede limitar el incremento de emisiones de GEI (IPCC, 2014b). El mundo necesita un cambio transformador en la forma como se construyen y planifican las ciudades, se transportan personas y bienes, se genera y consume energía y se administran los recursos naturales. A nivel global,

al menos el 60% de la inversión en infraestructura en los próximos 15 años se realizará en los sectores de energía y transporte. Para transformar el sector energético, se estima que las inversiones en petróleo, carbón y gas deben disminuir en un tercio aproximadamente para el año 2030, mientras que las inversiones en energías renovables y en eficiencia energética deben aumentar por lo menos en una proporción similar si se quiere mantener la temperatura media global por debajo de los 2 °C (New Climate Economy, 2016). Lo anterior se muestra en el Gráfico 43.

Gráfico 43. Cambios requeridos en la construcción de infraestructura en el escenario 2 °C



Fuente: New Climate Economy (2016).

De acuerdo con la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, iniciativa de Naciones Unidas, las ciudades requieren invertir y mantener la infraestructura vital que disminuya el riesgo contra los efectos del cambio climático, como los drenajes contra inundaciones, sistemas de desagüe, alcantarillado y recolección de residuos sólidos, además de llevar a cabo acciones de conservación de la infraestructura natural como bosques urbanos, humedales, rondas de cuencas hidrográficas y demás espacios naturales. Esta gestión debe estar acompañada de acciones como la estabilización de las cuestas, el control de la erosión y la protección de la zonas costeras, entre otras (Naciones Unidas, 2012)

Según la Comisión Global de Economía y Clima, no es necesario que la infraestructura que está por construirse cueste mucho más para garantizar que sea compatible con los objetivos climáticos. La diferencia

en costos comparada con la infraestructura tradicional puede compensarse completamente con aumentos de eficiencia y ahorro de combustible durante el ciclo de vida de la infraestructura (New Climate Economy, 2016). Para ofrecer estas soluciones a escala, el financiamiento y la inversión deben movilizarse y desplegarse mejor a partir de una multitud de diferentes fuentes nacionales y locales, incluidos gobiernos, bancos multilaterales y de desarrollo, empresas privadas e inversores institucionales. El financiamiento internacional será particularmente importante para apoyar esta transición en los países en desarrollo.

Una de las iniciativas para enfrentar el cambio climático es la infraestructura vegetada, la cual se define como una red de espacios naturales y seminaturales conectados con el crecimiento de las ciudades a través de la construcción y puede estar constituida por parques naturales, seminaturales,



humedales, cinturones verdes, techos verdes, jardines verticales y agricultura urbana. Esta infraestructura cuenta con la integración de sistemas con redes de agua en la ciudad, que permiten sostener el agua lluvia cuando hay fuertes tormentas y la depositan en poco tiempo en sistemas principales de redes de aguas lluvias, lo que reduce los riesgos del cambio climático en áreas urbanas, como las inundaciones (García, 2018).

Dentro de los beneficios ambientales y climáticos del desarrollo de infraestructura vegetada en las ciudades (García, 2018), se encuentran:

- 🏠 **Gestión del agua:** los techos verdes pueden capturar hasta 42% de las aguas lluvias; así disminuyen significativamente el agua de escurrimiento y, por consiguiente, los costos de tratamiento de aguas residuales, además del riesgo de inundaciones.
- 🏠 **Calidad del aire:** la infraestructura vegetada se constituye como un pulmón vivo que purifica el aire urbano, lo que reduce principalmente las concentraciones de material particulado y así genera beneficios para la salud pública

por cuanto disminuye costos asociados a la mala calidad del aire, además de reducir las concentraciones de contaminantes climáticos de vida corta con altos potenciales de calentamiento, como el carbono negro o *black carbon*, que es parte del material particulado emitido principalmente por el sector transporte.

- 🏠 **Energía:** en ciudades de clima cálido, donde el consumo de energía por los sistemas de aire acondicionado es bastante elevado, la instalación de muros verdes proporciona enfriamiento en interiores sin gasto de energía, lo que reduce emisiones de GEI.
- 🏠 **Gestión social:** a través del concepto de la *biofilia* –el amor a la naturaleza–, se mejora el estado anímico de las personas y se disminuyen sus niveles de estrés al estar cerca de zonas verdes.

Según el reporte *Cómo desarrollar ciudades más resilientes: un manual para líderes de los gobiernos locales* de Naciones Unidas, para enfrentar los riesgos climáticos, las ciudades deben planificar su gestión en torno a los aspectos que se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Aspectos esenciales de la planificación urbana en torno a la gestión de riesgos climáticos

Criterio	Componentes
Reforzar la infraestructura de protección	Las ciudades deben adoptar políticas urbanas, estrategias y planes de gestión de amenazas geológicas, relacionadas con el clima, tecnológicas y de condiciones extremas, que combinen medidas estructurales y no estructurales para reforzar la infraestructura de protección.
	La planificación urbana debe evaluar los riesgos de cada sistema, revisar su operación, eficacia y funciones, y desarrollar programas para rediseñar o fortalecer los que no estén funcionando correctamente (estas medidas también mejorarán el suministro de servicios en general).
	Como parte del ordenamiento y la gestión del territorio, las áreas urbanas deben reconocer los cambios físicos del ambiente que potencialmente podrían alterar los patrones de inundación. Además, se deben tener en cuenta los impactos futuros del cambio climático, como el incremento del nivel del mar, las marejadas ciclónicas y las crecientes precipitaciones.
	Como parte de la gestión del riesgo, las ciudades deben establecer sistemas de alerta temprana y vigilancia que adviertan a las agencias de gestión de crisis sobre los riesgos que se avecinan y sobrepasan los umbrales de riesgo.
Proteger la infraestructura vital	Dentro del sistema de atención a desastres de las ciudades, se debe evaluar la vulnerabilidad de la infraestructura existente a amenazas naturales y emprender las medidas necesarias para prevenir daños. Así mismo, se requieren inversiones a largo plazo para reforzar y/o reemplazar los servicios básicos de emergencia más críticos.
	Como parte de los servicios de la infraestructura vital, se debe prever la continuidad de los negocios, a fin de garantizar que las líneas vitales y los servicios sean restablecidos rápidamente en caso de desastres producto del cambio climático.
	Dada la antigüedad de los edificios históricos, se deben implementar medidas estructurales para proteger el patrimonio cultural de la ciudad durante los desastres climáticos, como inundaciones o incrementos en el nivel del mar.
Criterio	Componentes
Construir nueva infraestructura resiliente	La planificación urbana en torno al cambio climático debe definir criterios y niveles mínimos de resiliencia y seguridad como parte del diseño urbano.
	Los administraciones urbanas deben invertir en diseñar y construir infraestructura sostenible en ubicaciones apropiadas, que tenga una mayor resiliencia a las amenazas climáticas, que resista ante eventos destructivos y funcione eficazmente durante una emergencia.
	Los gobiernos locales deben tomar medidas preventivas en caso de infraestructuras deterioradas u obsoletas que representen una amenaza ante eventos climáticos.
	Los planificadores urbanos deben llevar a cabo evaluaciones periódicas con el fin de priorizar programas de mantenimiento mejorado y reparación y, si es necesario, el reforzamiento, el rediseño de capacidades, la demolición o el reemplazo de estructuras deterioradas u obsoletas que en caso de emergencia representen una amenaza para los ciudadanos y los espacios ambientales urbanos.

Fuente: adaptado de Naciones Unidas (2012).

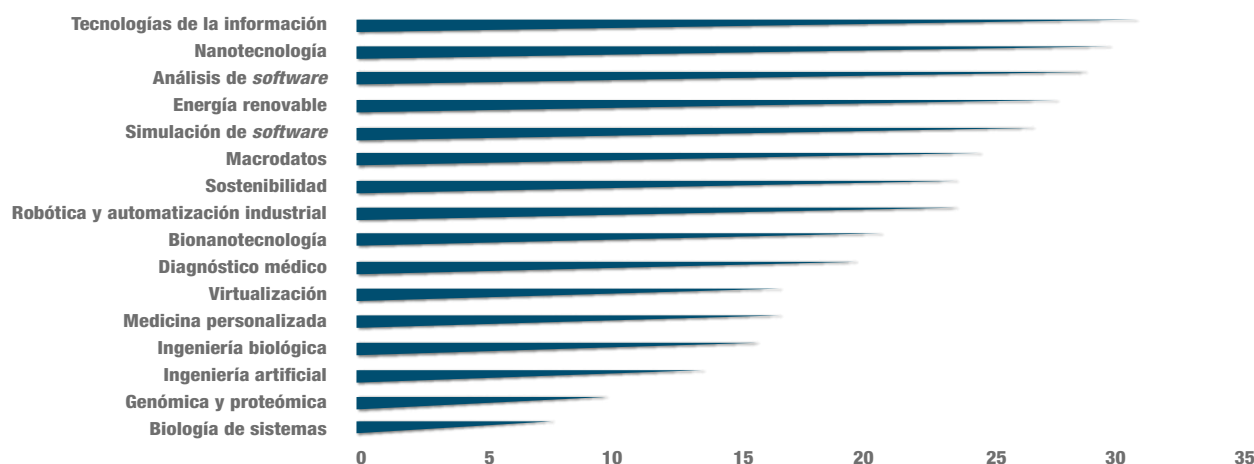
2.5 Innovación tecnológica para la sostenibilidad urbana

Las ciudades constituyen centros empresariales y motores de desarrollo que se consolidan como nichos de innovación tecnológica en un mundo que cada vez exige sistemas más sostenibles de producción, manufactura y comercialización. Una de las tendencias transformadoras del siglo XXI es el internet de las cosas, que ha permeado modelos de negocios aplicados a necesidades emergentes como salud, manufactura, movilidad, administración de recursos naturales y redes eléctricas inteligentes, entre otros. En las áreas urbanas, la innovación tecnológica es un asunto esencial para avanzar hacia asentamientos humanos sostenibles y resilientes, en la medida en que optimiza procesos, reduce la extracción de recursos naturales, modifica los patrones de consumo, permite el desarrollo de infraestructura resiliente, mejora la gestión de riesgos de desastres, disminuye el consumo energético, mejora los sistemas de movilidad urbana, aumenta el acceso a

servicios públicos y reduce emisiones de GEI (Pérez, 2017).

En términos de competitividad de las ciudades bajo criterios de sostenibilidad, se han desarrollado estrategias como *la industria 4.0* y *la manufactura avanzada*, que permiten crear valor económico y social, al tiempo que disminuyen la presión sobre los recursos naturales. Este tipo de iniciativas están acompañadas por fuertes inversiones en investigación y desarrollo, I+D, como un factor esencial para la creación de nuevos productos y servicios que respondan a los retos climáticos, naturales y sociales que trae consigo la urbanización acelerada. El Gráfico 44 presenta la participación de las tecnologías que serán claves para avanzar hacia un modelo de desarrollo que vincule la sostenibilidad, la innovación, el crecimiento económico, los beneficios sociales y el desarrollo tecnológico en las áreas urbanas.

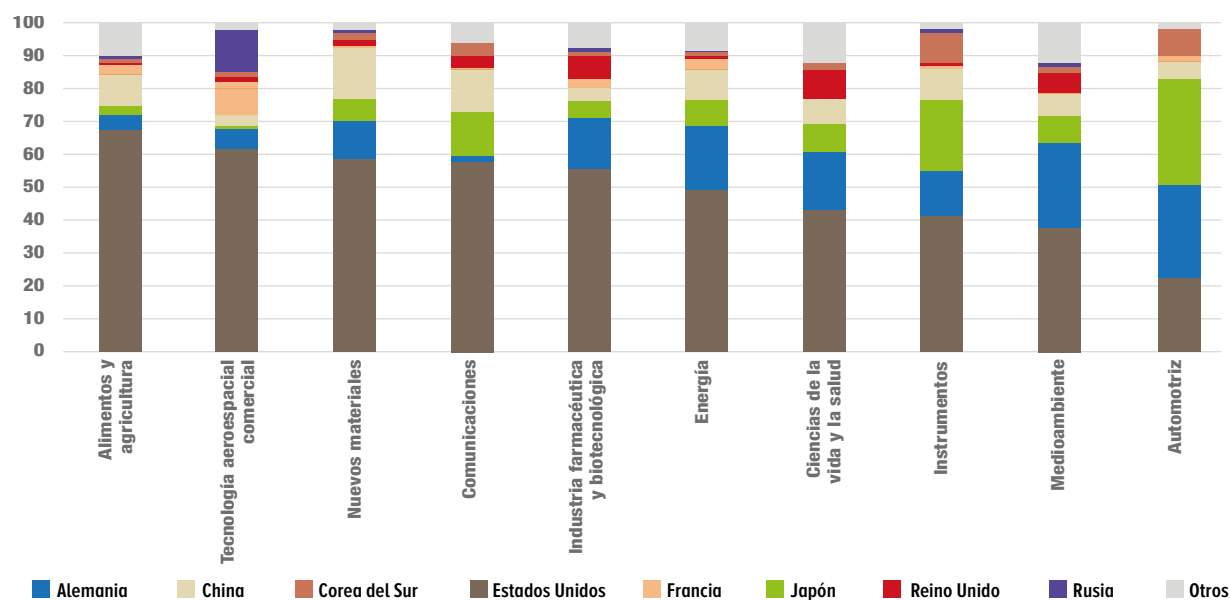
Gráfico 44. Principales tecnologías que pueden apoyar la consolidación de ciudades sostenibles



Fuente: Cepal (2016).

La construcción de ciudades sostenibles requiere de un amplio despliegue de tecnología que permita aumentar la resiliencia y la competitividad urbanas. Sin embargo, en muchos países las inversiones en este campo son limitadas. El Gráfico 45 muestra los países líderes en sectores tecnológicos distribuidos en inversión en I+D y permite apreciar que Estados Unidos se posiciona como el líder. En América Latina la inversión en este campo se encuentra muy por debajo del promedio mundial.

Gráfico 45. Países líderes en sectores tecnológicos (cifras en valor porcentual)



Fuente: Cepal (2016).



Según la guía *Hacia un futuro inteligente* propuesta por TecNALIA (2015), una ciudad que busque convertirse en motor de desarrollo económico y social debería poner en práctica las siguientes cinco estrategias:

1. Innovación y tecnología inteligente que se adapte a un mundo cambiante: enfocada hacia el desarrollo de soluciones eco-tecnológicas.
2. Estructura inteligente: impulsada por un esquema de gobernanza inclusiva y abierta a varios actores.
3. Proyectos inteligentes: como estrategia de transformación que impulse la sostenibilidad.

4. Financiamiento de infraestructura inteligente: que combine múltiples fuentes, instrumentos y fórmulas de cofinanciación.
5. Economía inteligente: que impulse la creación de nuevas actividades empresariales basadas en el conocimiento y la innovación.

En el ámbito urbano, la innovación y la tecnología se traducen en el concepto de *ciudades inteligentes* o *Smart Cities*. A continuación se presentan algunos aspectos claves de este modelo urbano y su impacto en la consolidación de asentamientos humanos sostenibles y resilientes.

2.5.1 Ciudades inteligentes (*Smart Cities*)

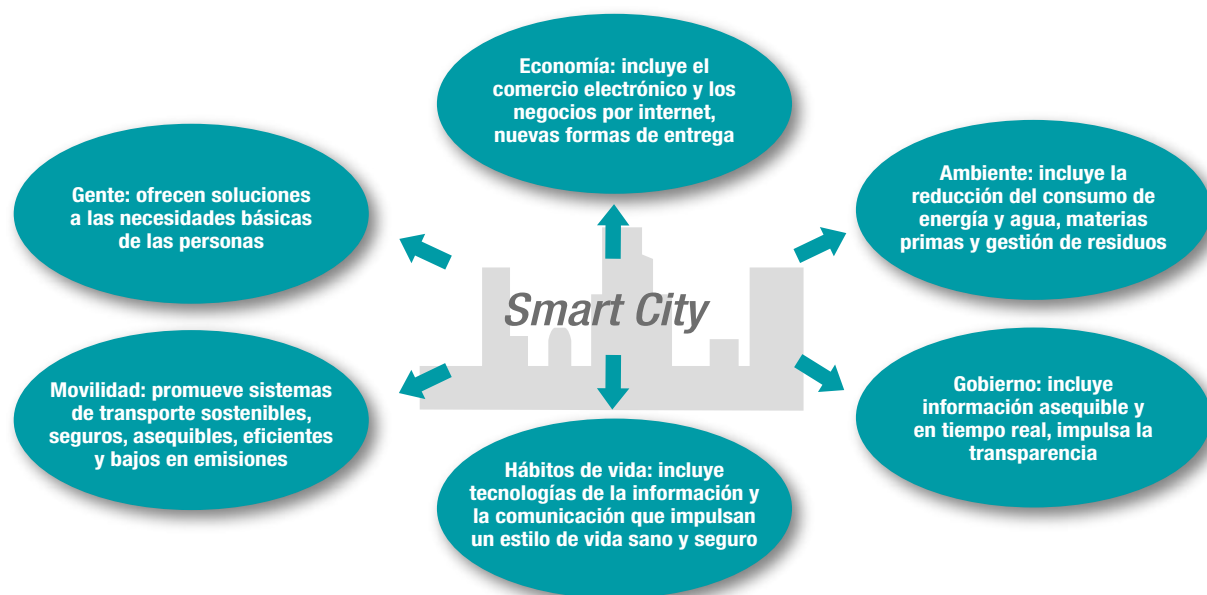
Una ciudad inteligente –*Smart City*– se define como aquella que usa las tecnologías de la información y las comunicaciones para hacer que tanto su infraestructura crítica como sus componentes y servicios públicos sean más interactivos, eficientes y sostenibles (Fundación Telefónica, 2011). Este modelo de ciudad contempla inversiones en investigación y desarrollo, tecnología, capital humano y social e infraestructura de comunicación, que fomenten un desarrollo económico igualitario, reduzcan la desigualdad, hagan uso eficiente de los recursos naturales, disminuyan emisiones de GEI, aumenten la competitividad, atiendan de manera eficaz los riesgos y generen un alto nivel de calidad de vida para sus habitantes. La planificación de una ciudad bajo el modelo de *Smart City* considera como factor clave la conservación de la estructura ecológica principal, haciendo uso de tecnologías avanzadas.

Una ciudad inteligente convierte los problemas en oportunidades, promueve cambios en el comportamiento de las personas y lleva a transformar los actuales patrones de producción hacia modelos sostenibles, además de contribuir a mitigar el cambio climático. Una ciudad inteligente no solo debe contar con tecnología de punta, requiere de un sistema robusto de recolección, distribución y análisis de datos, partiendo de la necesidad imperante de cuantificar necesidades y realizar modelamientos que sustenten la toma de decisiones. Según expertos, la tecnología va a ser un plus en las ciudades cuando estas se conviertan en urbes de cuarta revolución industrial, es decir, *ciudades 4.0*, que usan los

datos para controlar el crecimiento poblacional y la urbanización; simular la planificación, la distribución espacial y el ordenamiento del territorio; desarrollar sistemas de movilidad; monitorear la degradación de cuerpos hídricos, la pérdida de áreas verdes y la contaminación atmosférica; garantizar el acceso a servicios básicos; responder ante riesgos climáticos y desastres naturales, entre otros asuntos críticos de las ciudades actuales. El Gráfico 46 compila los ámbitos de actuación de las ciudades inteligentes definidos por la Comisión Europea.

Las ciudades inteligentes se constituyen como plataformas digitales que permiten maximizar el bienestar social y la eficiencia en el uso de sus recursos. Actualmente, este modelo de ciudad está llamado a convertirse en un componente potente en las políticas públicas, dado que su funcionamiento no solo supone mejoras notables en la provisión de los servicios básicos, sino que consolida la vía hacia la construcción de una urbe sostenible para el desarrollo económico y social (Fundación Telefónica, 2011). La visión de una ciudad inteligente es un aspecto que debería incluirse como imperativo categórico dentro de la planificación urbana, bajo una aproximación holística, que además de considerar las necesidades básicas de sus habitantes, garantice la prestación de servicios ecosistémicos, la resiliencia de la ciudad al cambio climático, la atención a riesgos y la reducción de emisiones de GEI, y que también promueva el modelo compacto de ocupación del territorio. La Tabla 6 muestra algunos beneficios y fuentes de valor de una ciudad inteligente.

Gráfico 46. Ámbitos de actuación de las ciudades inteligentes definidos por la Comisión Europea



Fuente: Comisión Europea (2015).

Tabla 6. Algunos beneficios de una ciudad inteligente

Beneficio	Contexto
Reduce el gasto público	Se reduce el gasto público dedicado a la provisión y gestión de los servicios públicos.
Incrementa la eficiencia y la calidad de los servicios	Es posible realizar una gestión más eficiente de los recursos y mejorar la calidad de los servicios prestados.
Ofrece soporte a la toma de decisiones	Facilita la identificación de las necesidades de la ciudad y el planteamiento de nuevos servicios para ofrecerles soporte adecuado.
Favorece la innovación	Ofrece una plataforma ideal para innovar, incubar nuevos negocios e ideas y, en general, favorecer el desarrollo social.
Ofrece información en tiempo real	Mejora el grado de conciencia de los ciudadanos sobre el entorno en el que habitan, proporcionando información en tiempo real, y mejora la transparencia de la administración.
Apoya la gestión de problemas propios de la acelerada urbanización	Ofrece servicios para la mejora del tráfico, la movilidad urbana, la provisión de servicios públicos, la gestión de la información y la eficiencia energética.
Disminuye la presión sobre los recursos naturales	Permite un uso eficiente de los recursos naturales, además del desarrollo de sistemas eficientes de conservación y recuperación de ecosistemas, basados en un monitoreo constante.
Facilita la mitigación y adaptación al cambio climático	Reduce la emisión de GEI, especialmente en el transporte y los edificios.
Incrementa la competitividad	Crea un ecosistema de oportunidades para el desarrollo de emprendimientos sostenibles que responden a necesidades emergentes.
Facilita la integración de procesos en la administración pública	Aporta información actualizada y transparente que apoye la toma de decisiones y la gestión presupuestaria.

Fuente: adaptado de Fundación Telefónica (2011).



Según estimaciones, para 2020 el mercado de las ciudades inteligentes alcanzará un valor aproximado de 1.500 billones de dólares en todo el mundo. Esto es especialmente importante si se analiza el crecimiento de las megaciudades a nivel global. En 2014, 18 países acogían 28 megaciudades que oscilan entre 10,2 y 37,8 millones de habitantes y en conjunto albergan 453 millones de personas. Para el año 2030, se estima que existirán un total de 41 megaciudades (KPMG, 2017) demandando recursos naturales, generando residuos, emitiendo GEI, entre otros aspectos que requieren de soluciones innovadoras que utilicen la tecnología y los datos como aliados estratégicos. Dentro de las áreas de acción de una ciudad inteligente se encuentran:

- 🏠 Recolección y tratamiento de residuos urbanos
- 🏠 Eficiencia energética
- 🏠 Medición de parámetros ambientales
- 🏠 Planificación de edificios
- 🏠 Gestión del riesgo de desastres
- 🏠 Gestión de datos
- 🏠 Seguridad pública
- 🏠 Salud: teleasistencia y servicios sociales
- 🏠 Educación
- 🏠 Turismo y servicios culturales
- 🏠 Comercio: innovación y emprendimiento

El servicio más común que ofrece una ciudad inteligente está enfocado en la movilidad urbana. A nivel mundial, la movilidad eléctrica ha comenzado a consolidarse como una opción de tecnología aplicada con una creciente competitividad económica que impulsa la reducción de emisiones de GEI en el sector transporte. Estimaciones del International Council on Clean Transportation (ICCT, 2015) muestran que las reducciones potenciales a nivel global por el uso de sistemas inteligentes de movilidad, siguiendo las trayectorias delineadas en estrategias nacionales que incluyen solo el mercado de vehículos livianos, pueden reducir 1,5 mil millones de toneladas métricas de CO₂ anuales para el año 2050.

A continuación, el Gráfico 47 muestra los factores que los planificadores urbanos deben considerar para el desarrollo de iniciativas que permitan consolidar ciudades inteligentes.



Foto: © Cristian Galvis Galindo

Gráfico 47. Factores a considerar para desarrollar iniciativas de ciudades sostenibles



2.6 Experiencias internacionales de sostenibilidad urbana

Con la rápida urbanización que experimentan actualmente los países, los gobiernos nacionales y locales han desarrollado políticas, programas y proyectos que aumenten la sostenibilidad de las ciudades y creen escenarios de resiliencia que les permitan mitigar y adaptarse a los impactos de un clima en constante cambio. Esta sección resume algunas iniciativas de sostenibilidad urbana a nivel internacional que se relacionan con las temáticas discutidas en el X Congreso Internacional de Medio Ambiente, en términos de políticas públicas, cambio climático, energía, transporte, infraestructura, calidad del aire, resiliencia y ciudades inteligentes.

2.6.1 Políticas públicas

Derecho a la ciudad: Brasil

En 2001, el Estatuto de la Ciudad de Brasil estableció el “derecho a la ciudad” como un derecho fundamental. Con el crecimiento exponencial que el país experimenta, las ciudades brasileñas necesitaban

garantizar la tierra, la vivienda, el saneamiento básico, la conservación de la estructura ecológica principal, la infraestructura vital, el transporte y los servicios básicos, las oportunidades laborales, el ocio y la recreación. En el marco de este derecho, las administraciones locales con poblaciones de más de 20.000 habitantes deben desarrollar planes urbanos. En la práctica, el derecho a la ciudad se halla estrechamente relacionado con el derecho a participar en las decisiones del gobierno local y la administración democrática o de manera general en los asuntos municipales (ONU Ambiente, 2016b).

Programa de Acción Climática de México

El Programa de Acción Climática de la Ciudad de México (2008) surgió para dar continuidad a iniciativas preexistentes y va más allá de mitigar emisiones de GEI, pues contempla acciones de adaptación para diferentes grupos de interés –comunidades, empresas y gobierno local–. Este programa se enfoca con especial interés en el cuidado del agua,

el manejo de microcuencas y la conservación del suelo. Estas acciones requirieron de una inversión de 3.000 millones de pesos mexicanos –cerca 225 millones de dólares– (Schaller, Jean-Bapiste, & Lehmann, 2016).

Estrategia de adaptación de Lima

Se inició en diciembre de 2011 como resultado del establecimiento de la Comisión Ambiental Metropolitana por parte del Gobierno regional. Esta entidad agrupa a representantes de los gobiernos regionales y municipales, miembros del sector privado, académicos y organizaciones de la sociedad civil. En el marco de la comisión, se creó un grupo técnico encargado de los asuntos de cambio climático, con el fin de desarrollar una estrategia de adaptación. A participar en este grupo se invitaron expertos locales, como el Ministerio del Ambiente y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. La versión final de la estrategia se realizó gracias a contribuciones de distintas ONG, proyectos internacionales de investigación y un miembro peruano del IPCC (Schaller, Jean-Bapiste, & Lehmann, 2016).

Plan de adaptación de Santiago de Chile

En 2010 la ciudad de Santiago de Chile empezó a elaborar un plan de adaptación al cambio climático, el cual fue publicado en 2012. Los principales actores involucrados fueron el Gobierno regional y la Secretaría Regional del Ministerio del Medio Ambiente. En el proceso de planificación participaron: secretarías regionales del Ministerio de Obras

Públicas, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, el Ministerio de Salud, las autoridades locales de los municipios de la Región Metropolitana de Santiago, representantes de la sociedad civil y científicos. Este plan busca orientar la gestión climática en Santiago de Chile hacia la resiliencia, que permita aumentar la competitividad de la ciudad y garantice el bienestar humano (Schaller, Jean-Bapiste, & Lehmann, 2016).

Implementación de un eco-presupuesto en India

En el año 2006, el municipio indio de Guntur adoptó el modelo de eco-presupuesto, con objetivos e indicadores para asuntos como calidad y cantidad de agua, manejo de residuos, superficie de áreas de espacio verde y calidad del aire. Para el Gobierno municipal, la administración del agua era la principal prioridad, especialmente el monitoreo de contaminantes del agua, mejoras estructurales, modernización de la medición y suministro del recurso. La experiencia de Guntur con los eco-presupuestos presenta dos factores de éxito: un firme compromiso político y la selección de los asuntos ambientales prioritarios. En su implementación se presentaron dos desafíos potenciales: la participación pública inadecuada y la coordinación intersectorial. Esta misma iniciativa se desarrolló en Tubigon, Filipinas, y puso en evidencia que el ciclo del eco-presupuesto puede requerir el apoyo de los niveles más altos del gobierno (ONU Ambiente, 2016b).





2.6.2 Cambio climático

Fondo Soberano de Noruega

Un ejemplo de un inversor institucional que tiene en consideración los asuntos relacionados con el cambio climático es el Fondo Soberano de Noruega –Norway's Sovereign Wealth–. Ese país posee el mayor fondo de riqueza soberana del mundo, que se estima en 872.000 millones de dólares. En 2015, el Parlamento noruego ordenó al Fondo que desinvertiera en las empresas que realizan más del 30% de su facturación en operaciones de carbón, lo que inicialmente afectó las inversiones en más de 52 compañías en todo el mundo. En mayo de 2016, el Fondo indicó que también podría excluir a otras 40 empresas por usar carbón en sus operaciones.

Por otra parte, el Fondo apoyó las mociones de los accionistas para presionar a ExxonMobil y Chevron para que reporten el manejo del riesgo climático y continuará haciendo este ejercicio con las compañías petroleras en las que invierte, como BP y Royal Dutch Shell. La decisión de Noruega de vender su fondo de riqueza soberana del carbón se basó tanto en el interés por reducir sus riesgos financieros relacionados con el clima, como en cuestiones éticas. El Fondo tiene estrictos criterios éticos que guían su política de inversión, incluidas consideraciones de daños ambientales graves (Agence France-Presse, 2016).

Inversiones verdes en Bangladesh

Desde el sector bancario, Bangladesh ha liderado el camino para incorporar el desarrollo sostenible a los proyectos que financia. En 2011, el Banco de Bangladesh emitió la Política y el Marco Estratégico de la Banca Verde, que explica a los bancos cómo adoptar políticas verdes e incorporar el riesgo climático en las prácticas de gestión de riesgos corporativos. Desde entonces, la participación de los bancos con unidades y políticas de banca verde ha aumentado constantemente hasta acercarse al 100%. Esta política solicita a los bancos que informen sobre la diligencia ambiental llevada a cabo en relación con solicitudes de préstamos de áreas ambientalmente sensibles, como agronegocios, cemento, productos químicos, vivienda, ingeniería, metales, celulosa y papel, azúcar y destilerías, prendas de vestir y textiles. Durante el año fiscal 2014, los bancos desembolsaron un total de 20.000 millones de dólares a

30.540 proyectos calificados, un aumento de 8,9 mil millones de dólares frente a 2012 y de 3,4 mil millones de dólares frente a 2011.

El Banco de Bangladesh también tiene un esquema público de refinanciación verde con un margen de refinanciación de bajo costo por valor de 25 millones de dólares para proporcionar apoyo de liquidez a los prestamistas para el financiamiento verde en 11 categorías específicas. En total, se desembolsaron 13 millones de dólares de este fondo durante los años fiscales 2010-2014. Los principales usos fueron para biogás, plantas de ensamblaje solar y hornos de ladrillos con ahorro de energía (UNEP, 2016c).

Vivienda de interés social con criterios de reducción de emisiones de GEI en México

En 2009 en México, el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores, Infonavit, desarrolló un esquema de financiamiento para la vivienda conocido como “Hipoteca Verde”, en asociación con un órgano de subsidio a la vivienda, para fomentar el uso de sistemas y tecnologías de eficiencia energética para los hogares de bajos ingresos, que permitan reducir emisiones de GEI. Las hipotecas verdes incluyen hasta 1.250 dólares en subsidios para compensar el costo de eco-tecnologías adicionales (ONU Ambiente, 2016b), las cuales incluyen:

- 🏠 Electricidad: lámparas de bajo consumo, techos y paredes con aislamiento térmico, revestimientos reflejantes y optimización del voltaje
- 🏠 Gas: calentadores de agua de gas y solares
- 🏠 Agua: baños ecológicos, dispositivos de ahorro de agua, válvulas de aislamiento y control de flujo
- 🏠 Salud: filtros purificadores y de suministro de agua, contenedores de separación de residuos

Hasta el momento, el Fondo ha concedido más de 900.000 créditos hipotecarios verdes, en alianza con USAID, el Ministerio del Medio Ambiente de Alemania y la Agencia Alemana de Cooperación Técnica, GIZ.

2.6.3 Energía renovable

Primer bono climático para un proyecto geotérmico

Filipinas emitió el primer bono climático para un proyecto geotérmico en una economía emergente. Se trata de un bono en moneda local equivalente a 225 millones de dólares, el cual se suma a un préstamo del Banco Asiático de Desarrollo, ADB, directo en moneda local de EE.UU. de 37,7 millones de dólares. La mejora crediticia del ADB se realiza en forma de una garantía del 75% del capital y los intereses sobre el bono.

Este es el primer bono climático en la región Asia-Pacífico certificado por la iniciativa Climate Bonds y el primer bono climático para un solo proyecto en un mercado emergente. Los bonos de proyectos mejorados con créditos como este ofrecen una alternativa atractiva al financiamiento bancario y mediante la movilización de capital rentable a largo plazo pueden ayudar a cerrar la brecha de infraestructura energética de la región (ADB, 2016).

Programa de Adquisición del Productor Independiente de Energía Renovable en Sudáfrica

Este programa reemplazó los instrumentos normativos *–feed-in tariffs–* que impulsan el desarrollo de las energías renovables no convencionales. El REIP-PPP *–por su sigla en inglés–* ha canalizado exitosamente la experiencia e inversión sustancial del sector privado en energía renovable conectada a la red en Sudáfrica, a precios competitivos. Las tres primeras rondas de licitación, celebradas durante más de dos años y medio, atrajeron a una amplia variedad de desarrolladores de proyectos nacionales e internacionales, patrocinadores y accionistas de capital. Se han otorgado un total de 64 proyectos al sector privado, con más de 100 entidades participando en los contratos entre bancos, aseguradoras e incluso servicios internacionales. Cabe destacar que el 86% de la financiación de la deuda se ha recaudado en Sudáfrica.

Los primeros proyectos ya están en funcionamiento y se han comprometido inversiones por un total de 14.000 millones de dólares, para generar casi 4 GW de energía renovable. Durante las tres rondas, las

tarifas promedio de energía solar fotovoltaica disminuyeron en un 68% y las de viento en un 42%, en términos nominales (Eberhard, Kolker , & Leigland , 2014).

Bonos verdes en India para energías renovables

El primer bono verde corporativo fue emitido por Yes Bank en febrero de 2015. El bono de 161,5 millones de dólares –INR 10 mil millones– financió proyectos de energía renovable. Tras el éxito de la emisión de Yes Bank, India emitió el bono verde más grande por valor de 500 millones de dólares, el cual también está destinado a la financiación de proyectos de energía renovable y transporte. India fue la primera de las mayores economías emergentes en emitir bonos verdes, por delante de China, pero en la actualidad, este último es líder en el mercado de bonos verdes etiquetados para energías renovables (Climate Bonds Initiative, 2015).

Suministro descentralizado de energía en Sídney

En un intento por reducir las emisiones de carbono en 70% para 2030, con respecto al año base 2006, Sídney, Australia, está introduciendo un esquema de “trigeneración”, mediante el cual los sistemas de generación de energía a pequeña escala utilizan biorresiduos y residuos acumulados para la calefacción y la refrigeración. Se espera que el plan alcance 70% de los requerimientos de electricidad de la ciudad para 2030 (ONU Ambiente, 2016b).

Energías renovables en China

La inversión en energía renovable de China en 2015 fue de alrededor de 100.000 millones de dólares, un aumento del 17% respecto del año anterior, y representó el 36% del total mundial. China ha instalado más capacidad eólica –145 GW– que Estados Unidos, Alemania e India en forma combinada. Datos recientes sugieren que estas inversiones, así como los esfuerzos exitosos para reducir el uso del carbón, han contribuido significativamente a la reducción de emisiones de GEI. De hecho, el consumo chino de carbón parece haber alcanzado su máximo en 2014 y en 2015 se implementó el mayor esquema de comercio de emisiones del mundo, cuando el país amplió sus siete sistemas comerciales de generación eléctrica piloto a nivel nacional (New Climate Economy, 2016).



Foto: © Cristian Galvis Galindo



2.6.4 Transporte

Proceso de París en Movilidad y Clima, PPMC

A nivel internacional, el sector transporte ha sido considerado como una de las áreas prioritarias de la Agenda de Acción Climática Global –GCAA, por su sigla en inglés–, anteriormente la Agenda de Acción Lima-París. En el marco de la GCAA, se crea la iniciativa Paris Process on Mobility and Climate, PPMC, con el objetivo de construir una comunidad de transporte baja en carbono e impulsar un cambio de la estructura y el funcionamiento del sistema en el largo plazo a nivel mundial. Este proyecto crea un ámbito de cooperación que llama a todas las ciudades a transitar hacia un modelo de movilidad sostenible, que permita integrar la reducción del riesgo dentro de la planificación y administración del transporte como un asunto esencial para el ordenamiento del territorio; la formulación de políticas eficientes y el fortalecimiento de un desarrollo urbano sostenible.

Estaciones de recarga en Baden Württemberg, Alemania

En Baden Württemberg se está desarrollando un proyecto de 1,5 millones de euros en la estación de tren de Ludwigsburg, que consiste en instalar estaciones de carga eléctrica y conectarlas con el transporte público, lo que aumenta la capacidad del servicio. El proyecto, además de reducir emisiones de GEI, busca disminuir los desplazamientos en vehículos individuales y tiene un fuerte impacto político y económico, dado que Baden Württemberg es una región que depende altamente de la industria automovilística.

Planificación integrada del uso del suelo y el transporte: ejemplos de Singapur y San Francisco

La Autoridad de Transporte Terrestre de Singapur –LTA por su sigla en inglés– es un excelente ejemplo de los beneficios del uso integrado del suelo y la planificación del transporte. Establecida en 1995 bajo el Ministerio de Transporte, a través de la fusión de cuatro agencias gubernamentales, logró un alto grado de integración al eliminar los límites administrativos. La LTA es responsable de planificar, operar y mantener la infraestructura y los sistemas de transporte

terrestre e incluye la seguridad vial, las licencias de vehículos y los peajes electrónicos de las carreteras. Para reducir las emisiones de carbono, la LTA constantemente mejora y expande su actual red de transporte público, complementándola con políticas de estacionamiento y estaciones de recarga electrónica en las carreteras. Esto ha llevado a un cambio del uso del transporte privado al público en los últimos años. En 2012, el 63% de los viajes durante las horas pico de la mañana y la tarde se realizó en transporte público, frente al 59% en 2008. Para aumentar este número, el objetivo de la LTA es hacer que el sistema de transporte sea aún más accesible y competitivo. Para 2030, el objetivo es que el 80% de los hogares estén a 10 minutos a pie de una estación de tren, que el 85% de los trayectos se realicen en transporte público –menos de 20 km de distancia– y se completen en 60 minutos (OCDE, 2015).

En San Francisco, el Grupo Broadscale ha establecido la primera asociación de este tipo con Uber para llevar Car Free Living, un programa de transporte multimodal, a Parkmerced, una gran comunidad residencial. El modelo comercial es un piloto y en caso de tener éxito podría implementarse en comunidades en todo el mundo. El programa incentiva a los habitantes de las ciudades a utilizar el transporte público y una serie de nuevos servicios de movilidad en lugar de un automóvil privado, lo que beneficia a los residentes, propietarios y ciudades en general. Broadscale Group es un nuevo modelo de empresa de inversión que trabaja con corporaciones líderes y otros socios estratégicos para invertir y comercializar innovaciones listas para el mercado, en este caso opera una nueva forma de desarrollo urbano integrado y planificación del uso del suelo (OCDE, 2015).

2.6.5 Infraestructura

Innovación financiera para impulsar la inversión privada en infraestructura resiliente al cambio climático en el sudeste asiático

En una iniciativa pionera, el Banco Asiático de Desarrollo, BAD, combinó recientemente las operaciones crediticias de su Fondo Asiático de Desarrollo, ADF, con su balance de recursos ordinarios de capital, con el fin de aumentar sus préstamos anuales totales y las aprobaciones de subvenciones en

infraestructura sostenible hasta 20.000 millones de dólares, un aumento del 50% con respecto a los niveles anteriores. Solo mediante esta acción, que entró en vigencia en enero de 2017, la asistencia del BAD a los países de bajos ingresos aumentará hasta en un 70%. Combinadas con el compromiso de aumentar la proporción del gasto en cambio climático al 30% de su cartera para 2020, estas innovaciones financieras podrían contribuir significativamente al desarrollo de infraestructura sostenible (ADB, 2016).

Programas de servicios verdes en Chicago, Freiburg y Ludwigsburg

En 2005, el Departamento de Construcciones de la Ciudad de Chicago lanzó el Programa de Permisos Verdes, con el fin de fomentar los techos verdes, lo que dio como resultado reducción del efecto “isla de calor”, temperaturas más bajas del aire urbano, disminución en el escurrimiento de aguas pluviales y estímulo al desarrollo de nuevos modelos de negocio.

Programa holandés *Room for the River*

Este programa es parte de una amplia tendencia en Europa de construir parques frente al mar, canales

con vegetación y otros tipos de infraestructura que funcionan como espacios de recreación y control de inundaciones, que también reducen la escorrentía para la prevención de inundaciones y conservan el agua para las épocas de sequía (New Climate Economy, 2016). Estas opciones combinan infraestructura natural y construida para brindar resiliencia urbana, lo que sumado al control de inundaciones urbanas y las opciones de uso del suelo, puede generar resiliencia al permitir el ingreso de agua de manera controlada, en lugar de construir diques cada vez más altos.

2.6.6 Calidad del aire

Urban Health (CCAC y OMS)

La Coalición del Clima y el Aire Limpio –CCAC por su sigla en inglés–, una iniciativa para reducir los contaminantes climáticos de vida corta, en alianza con la Organización Mundial de la Salud, OMS, desarrolló la campaña Urban Health a nivel global para proteger la salud y el cambio climático mejorando la calidad del aire. Esta campaña tiene los siguientes objetivos:

- 🏠 Documentar las fuentes de contaminación más significativas y qué políticas públicas ya se han implementado o están en proceso de implementación.
- 🏠 Construir competencias profesionales en salud, con el fin de desarrollar escenarios de salud.
- 🏠 Desarrollar modelos locales que informen sobre las políticas que se puedan tomar para mejorar la salud pública.
- 🏠 Desarrollar herramientas para la evaluación de los beneficios económicos y en salud a causa de la reducción de la contaminación atmosférica en las ciudades.
- 🏠 Modelar escenarios alternativos de calidad del aire y cambio climático en las ciudades.
- 🏠 Comunicar los efectos de la contaminación atmosférica en la salud pública y en el cambio climático.
- 🏠 Monitorear el impacto de las políticas en términos de salud y cambio climático.





Foto: © Cristian Galvis Galindo

2.6.7 Resiliencia

Proyecto TURAS en ciudades europeas

TURAS fue un proyecto financiado por la Unión Europea, con un presupuesto de 7,8 millones de euros. Su objetivo consiste en reunir actores locales, empresas e institutos de investigación para desarrollar nuevas ideas que impulsen la resiliencia y la sostenibilidad en las ciudades, y transferir este conocimiento a otras ciudades y regiones en Europa. El proyecto combinó el conocimiento de distintas disciplinas en temas diversos, como economías verdes e infraestructura verde, entre otros, y en él se exploraron cuatro aspectos principales de las ciudades: transformación formal, enfoque de urbanismo, planes maestros y planeamiento integrado, todos bajo el marco de uso mixto del suelo, en donde se integre la infraestructura verde con sistemas de transporte, ciclorrutas, sistemas de prevención de inundaciones, etcétera.

TURAS desarrolla estrategias viables, escenarios espaciales y herramientas para ayudar a las ciudades a enfrentar los urgentes retos de la adaptación y mitigación del cambio climático, la escasez de recursos naturales y el crecimiento urbano insostenible. Esta iniciativa persigue que las ciudades europeas y las áreas rurales circundantes sean resilientes y sostenibles ante los diferentes retos que enfrentan, además acerca a comunidades urbanas y empresas con autoridades locales e investigadores para posibilitar

una gobernanza adaptativa, un proceso de toma de decisiones colaborativo y un cambio conductual que facilite el proceso de transición (TURAS, 2017).

Políticas de resiliencia en Quito, Ecuador

La población urbana quiteña se encuentra expuesta a una serie de amenazas geológicas e hidrometeorológicas que cada vez representan mayor riesgo si se tienen en cuenta los efectos del cambio climático. Para hacer frente a esta realidad, Quito ha establecido políticas públicas con un enfoque integral de resiliencia y gestión del riesgo, con el fin de abordar las amenazas circunstanciales, los impactos del cambio climático y los desastres naturales. En lo que respecta a la reducción de riesgos (Naciones Unidas, 2012), estas políticas incluyen:

- 🏠 Hacer que la reducción del riesgo de desastres sea un tema que incumba a diferentes actores a lo largo de los procesos de planificación y de desarrollo urbano.
- 🏠 Promover una cultura de prevención y preparación en caso de desastres de origen natural, climático y aquellos provocados por el hombre, con el fin de proteger a la población.
- 🏠 Establecer un sistema de gestión de riesgos climáticos a nivel de municipio, con los recursos y las capacidades humanas, técnicas y financieras apropiadas.

Proceso de toma de decisiones basado en la resiliencia climática en Vancouver Norte, Canadá

Vancouver Norte está fijando un estándar alto para las otras comunidades de Canadá y se ha convertido en referente para involucrar la participación del gobierno municipal y federal y del sector privado, en la promoción de un enfoque basado en la resiliencia para la reducción del riesgo de desastres. Vancouver Norte ha incluido criterios de reducción de riesgos de desastres en sus planes comunitarios oficiales, dentro de la planificación estratégica y en los procesos de obtención de permisos de urbanización, y ha instaurado sistemas de alerta temprana para deslizamientos y flujos de detritos. Así, aplica un enfoque que contempla al cambio climático en la toma de decisiones y en el desarrollo local (Naciones Unidas, 2012).

2.6.8 Ciudades inteligentes

E-hailing (contratación electrónica)

Uber es ejemplo de una aplicación para contratación electrónica que conecta a los pasajeros con los conductores de vehículos de alquiler, pero a diferencia de los taxistas convencionales, los conductores de Uber utilizan sus vehículos personales. Actualmente, Uber opera en 401 ciudades de todo el mundo. Recientemente, este emprendimiento ha presentado al público *UberMOTO*, un servicio de contratación electrónica de moto-taxi, con el fin de evitar el tráfico en ciudades como Bangkok. El servicio está dirigido a proporcionar servicios de viaje corto para los pasajeros, en aquellos lugares de la ciudad donde el tráfico pesado se ha convertido en una situación inmanejable. *UberMOTO* es un servicio significativamente más económico que el automóvil. Este modelo de economía digital ha cobrado especial protagonismo en las áreas urbanas. Solo en China, 170 millones de personas utilizan aplicaciones de contratación electrónica. El crecimiento y desarrollo de los servicios de *e-hailing* continúa aumentando a medida que se afrontan los obstáculos regulatorios (ONU Ambiente, 2016b).

Kigali Inteligente

Como parte de la iniciativa más amplia de Smart Kigali, 487 buses, pertenecientes a Servicios de Autobuses Kigali, estaban conectados a la red de banda ancha 4G en febrero de 2016, lo cual ha permitido que los pasajeros a bordo tengan acceso total a Internet de manera rápida y gratuita. Esta iniciativa hace que Kigali sea la primera ciudad en África que ofrece a los ciudadanos internet inalámbrico gratis en el transporte público. La iniciativa se enmarca en el Proyecto Bus Internet formulado en 2015, que contempla que todos los autobuses, no solo dentro de Kigali, sino también en todo el país, ofrezcan internet a los pasajeros (ONU Ambiente, 2016b).

Agrupación electrónica de Santa Rita do Sapucaí, Minas Gerais, Brasil

Santa Rita do Sapucaí, una pequeña ciudad con una población de 34.000 habitantes en el sur del estado de Minas Gerais, Brasil, actualmente se conoce como “el Silicon Valley electrónico” del país, a causa de sus destrezas tecnológicas y de su nivel de innovación, especialmente en el sector privado. En la década de 1970, algunos profesionales establecieron las primeras empresas tecnológicas en esta ciudad y su éxito se expandió rápidamente. Hoy en día, el *Valle Electrónico* es el hogar de 141 empresas de tecnología y se ha posicionado como uno de los principales grupos electrónicos de Brasil e incluso de América Latina. Santa Rita es un ejemplo para otras asociaciones empresariales de cómo un mejor posicionamiento estratégico puede aumentar la competitividad. Estas empresas, en lugar de seguir trabajando en productos poco sofisticados, en alianza con sus socios institucionales, desarrollaron una estrategia y crean soluciones para ofertar productos y servicios más complejos (ONU Ambiente, 2016b).



3 Asentamientos humanos y ciudades sostenibles en el contexto colombiano

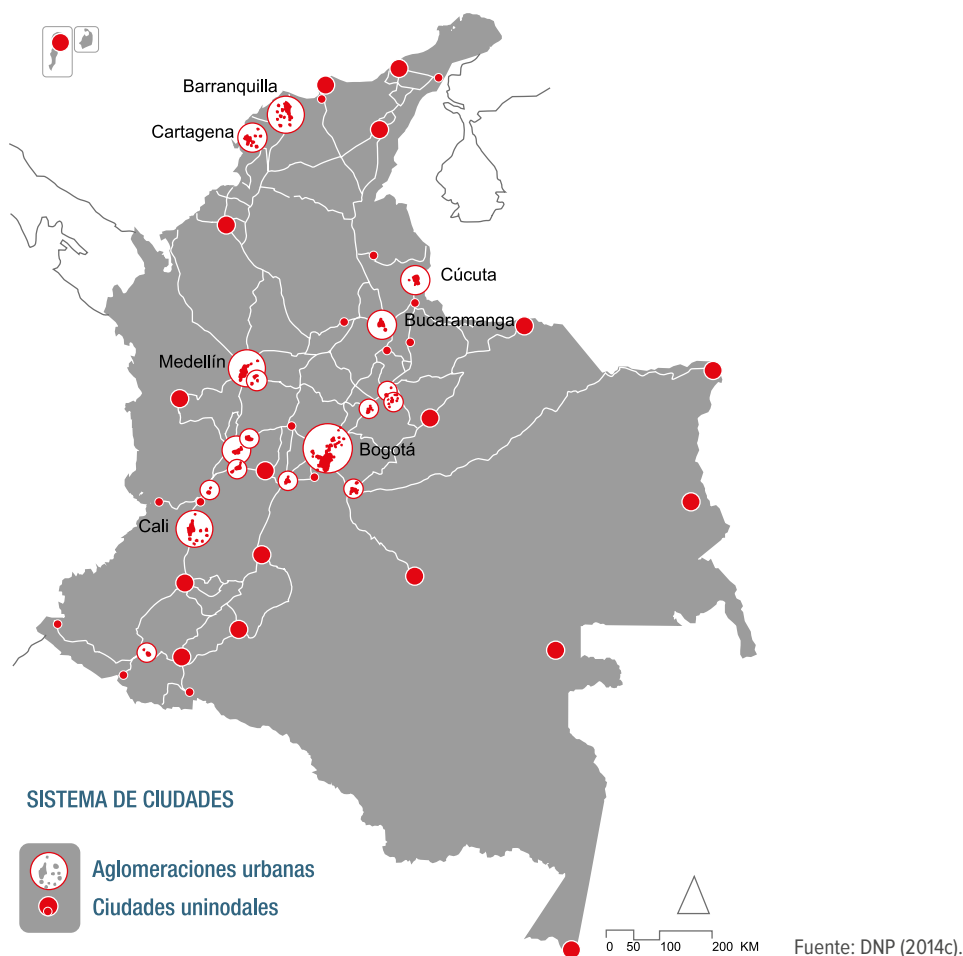
Foto: © Cristian Galvis Galindo



3.1 La red de ciudades colombianas

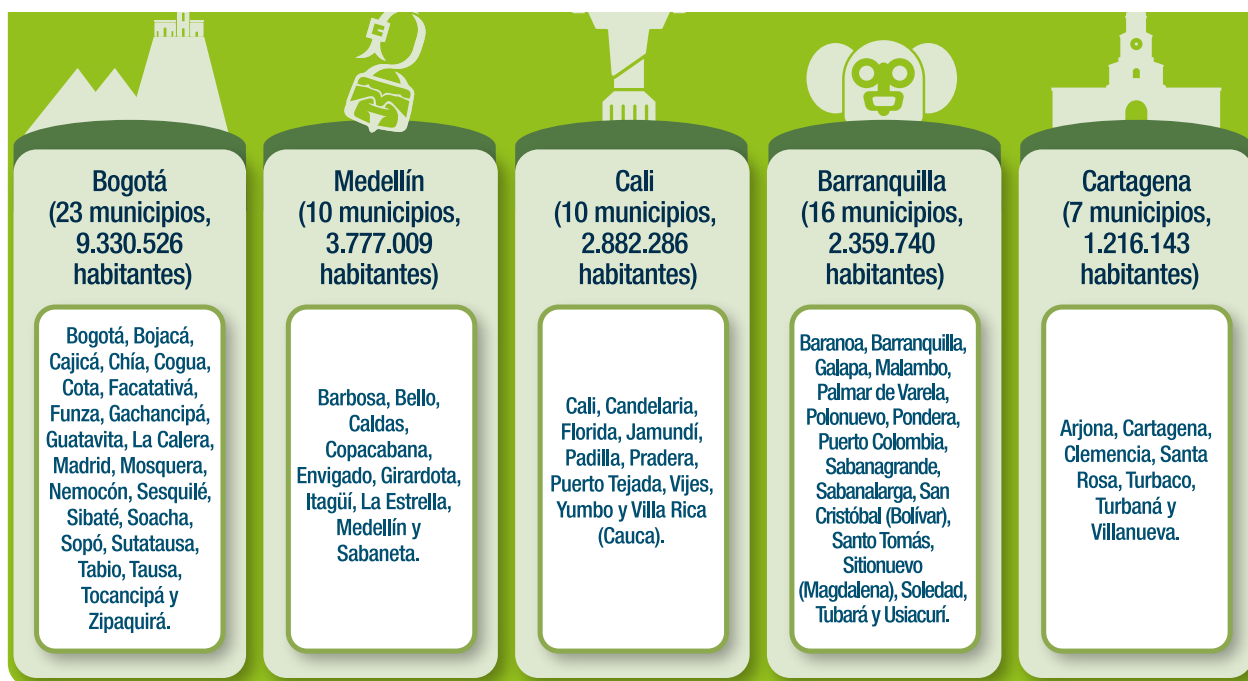
El Sistema de Ciudades en Colombia, de acuerdo al Conpes 3819 de 2014, está formado por dos tipos de configuración de áreas urbanas. Las primeras corresponden a *ciudades funcionales*, entendidas como el conjunto de ciudades y sus centros urbanos contiguos entre los que existen relaciones funcionales, como actividades económicas, oferta y demanda de servicios, etcétera. Las segundas, denominadas *ciudades unimodales*, corresponden a aquellos centros urbanos cuya área funcional aún se mantiene dentro del límite político-administrativo que define su municipio. Teniendo en cuenta esta configuración de ciudad, el Sistema de Ciudades colombianas está compuesto por 56 áreas urbanas, de las cuales 18 son funcionales y 38 unimodales. Lo anterior se muestra en el Mapa 3 (DNP, 2014a).

Mapa 3. Sistema de Ciudades en Colombia



Dentro de las principales ciudades funcionales de Colombia se destacan Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla y Cartagena, las cuales presentan fuertes relaciones con municipios cercanos en términos de actividades económicas, comercio, demanda de servicios, son consideradas como el motor de desarrollo económico del país y albergan en su conjunto a 12.212.812 colombianos (Instituto de Estudios Urbanos, 2015). El Gráfico 48 presenta los municipios que son parte del “área metropolitana” de dichas ciudades y el número de habitantes que diariamente desarrollan sus actividades productivas y de educación en el área funcional.

Gráfico 48. Principales ciudades funcionales de Colombia



Fuente: adaptado de Instituto de Estudios Urbanos (2015).

De acuerdo con la Misión del Sistema de Ciudades desarrollada por el Gobierno de Colombia en 2012, con el fin de establecer una política de largo plazo para consolidar el sistema de ciudades del país y fortalecer el buen gobierno en la gestión urbana, “en las ciudades colombianas el fenómeno de urbanización ha superado la escala eminentemente municipal y se viene configurando en una escala supramunicipal” (DNP, 2014c). En 1951, la población asentada en las ciudades del país era 39% del total de habitantes, proporción que se incrementó a 76% en el año 2010,

lo que se vio reflejado en el aumento en las ciudades de más de 100.000 habitantes, las cuales pasaron de 6 en 1951 a 41 en 2010 (DNP, 2014a). Las proyecciones poblacionales muestran que para el año 2050 la población colombiana que vivirá en centros urbanos alcanzará 52,6 millones de habitantes, es decir el 86% de la población total proyectada, lo que llevará a consolidar 68 ciudades con más de 100.000 habitantes y 7 con más de un millón de habitantes, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Crecimiento y proyección de población en áreas urbanas, 1951-2050

Rangos	1951	1973	2010	2035	2050
Población rural (millones)	7	9,3	10,8	9,5	8,5
Población urbana (millones)	4,5	13,5	34,7	48	52,6
Nivel de urbanización (%)	39	59	76	83	86
Ciudades con más de 100.000 habitantes	6	18	41	64	69
Ciudades con más de 1 millón de habitantes	0	2	4	5	7

Fuente: DNP (2014c).



Foto: © Cristian Galvis Galindo

Lo anterior trae consigo una demanda concentrada por los servicios ecosistémicos necesarios para el bienestar de las personas; afectaciones sobre el estado de salud y la conectividad de la estructura ecológica principal de las ciudades; altos niveles de contaminación en fuentes hídricas y emisiones de contaminantes atmosféricos que comprometen la calidad de vida de sus habitantes, lo que cataloga a las ciudades como asentamientos humanos insostenibles, caracterizados por una fuerte separación entre lo urbano y lo rural, componentes del territorio que presentan una marcada interdependencia y complementariedad y que deben ser considerados dentro de la gestión urbana sostenible.

En Colombia, al igual que en la mayoría de los países de América Latina y el Caribe, la planificación, el ordenamiento y la administración de las ciudades no ha considerado la relación de interdependencia entre los componentes urbano y rural, lo que según Guhl (2018), ha hecho que las ciudades no se hayan sentido obligadas a controlar sus impactos sobre el recurso hídrico, el suelo, el aire y la biodiversidad, y además no hayan considerado en sus planes de expansión la vocación y los usos del suelo, por lo que han ampliado su frontera hacia suelos agrícolas y ecosistemas que prestan valiosas funciones como regulación –hídrica, atmosférica, climática, amortiguación de perturbaciones–, hábitat –refugio, criadero–, producción –provisión de recursos, alimentos– e información –cultural, científica, histórica, recreativa–.

3.1.1 Generalidades de las ciudades colombianas

Colombia cuenta con una extensión de 102 millones de hectáreas continentales y una población de 49 millones de habitantes, 75% de los cuales están asentados mayoritariamente en las ciudades. En su capital habitan cerca de 9 millones de habitantes y a lo largo del territorio se han consolidado más de 1.000 cascos urbanos con menos de 200.000 habitantes y 26 ciudades con más personas. Aproximadamente el 25% de la población se encuentra asentada en la región Caribe, en seis capitales de departamento y en zonas rurales; más del 68% está localizada en la región Andina y menos del 3% vive en la costa del océano Pacífico. En las ciudades se genera el 85% del PIB nacional (DNP, 2014a) y de acuerdo con el inventario de GEI de Colombia, producto de la *Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*, los centros urbanos son responsables del 33% de los GEI emitidos por el sector transporte y la disposición de residuos sólidos municipales.

Para el año 2005, de acuerdo con el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE, más del 29% de la población colombiana vivía en ciudades intermedias mayores a 100.000 habitantes pero menores a 1 millón; para 2014, este porcentaje aumentó a 31%, presentando una tasa de crecimiento de 1,95% en comparación con las ciudades de poblaciones mayores a 1 millón de habitantes, las cuales crecieron 1,25% en este mismo periodo

(Torres & Caicedo, 2015). La tendencia muestra una consolidación de la urbanización y de las actividades económicas en este tipo de ciudades marcada principalmente por el efecto localización de las actividades en la ciudad principal, lo que lleva a considerar su expansión como un asunto primordial en el ordenamiento y la administración del territorio, dado que pueden llegar a convertirse en grandes megalópolis que demanden cada vez más recursos naturales, generen contaminación sobre ecosistemas estratégicos, rompan conexiones entre la estructura ecológica principal y, como resultado, aumenten su vulnerabilidad al cambio climático.

Lo mencionado anteriormente responde al fenómeno de desbordamiento de las ciudades hacia municipios que se ha presentado en el país a partir de 1951, lo que a su vez responde a decisiones aisladas y fragmentadas con carencias de planeación y proyección de los servicios futuros requeridos para suplir la demanda de una población urbana en constante aumento. Para responder a esta tendencia de aglomeración urbana, se requiere conformar redes de ciudades que fomenten la complementariedad y especialización de sus economías, como un aspecto clave para aumentar las externalidades positivas del proceso de urbanización, partiendo del hecho de que las urbes colombianas no se han configurado como un sistema, en la medida en que existen dificultades de integración y complementación. Según cifras del DNP en 2014, las principales ciudades del país comercian poco entre sí y sus economías

no son complementarias, lo que impide un desarrollo dinámico y diversificado de modelos de negocio innovadores. De acuerdo con la visión prospectiva del Sistema de Ciudades del país, se podrían formar 10 ejes regionales que facilitarían la planificación urbana hacia un modelo competitivo y sostenible: Medellín-Rionegro, Cali-Buenaventura-Palmira-Tuluá-Buga, Bucaramanga-Barrancabermeja, Eje Caribe, Eje Cafetero, Tunja-Duitama-Sogamoso, Apartadó-Turbo, Montería-Sincelejo, Bogotá-Fusagasugá y Cúcuta (DNP, 2014c).

En este orden de ideas, una tendencia que ha caracterizado el proceso de urbanización en Colombia y como resultado el desarrollo de aglomeraciones urbanas, es la tasa de migración “del campo a la ciudad”, la cual se ha dado como resultado de la ausencia de oportunidades en las zonas rurales, carencia en la prestación de servicios básicos y quizás uno de los hechos más significativos: el desplazamiento forzado interno por grupos al margen de la ley que genera un movimiento de personas en busca de una mejor condición de vida. En el marco del posacuerdo, este comportamiento debería detenerse, con lo que se disminuiría la densidad poblacional en áreas urbanas y se aumentaría en zonas rurales. Para lograr este propósito, Guhl (2018) menciona que la planificación del campo debe considerar un “aumento de la inclusión social y productiva, así como de la provisión de bienes públicos que faciliten su actividad económica y el desarrollo humano bajo un sistema de gobernanza participativo y democrático”.



En términos económicos, según el DNP (2014c), las ciudades han sido reconocidas como el principal motor de la economía del país y el espacio en el cual se ha beneficiado la mayor parte de la población de las infraestructuras y los servicios que se requieren para impulsar el desarrollo social; a pesar de su protagonismo en el PIB, Colombia no ha aprovechado completamente los beneficios que puede traer el nivel de urbanización alcanzado para impulsar el desarrollo general del país, principalmente dadas las dificultades en la conectividad en las ciudades, la financiación en las inversiones y problemas de coordinación entre los diferentes niveles del Estado.

A nivel ambiental, a pesar de que el Sistema de Ciudades tiene como eje transversal articular el crecimiento de las urbes con el desarrollo económico y social, haciéndolo compatible con el clima y con el uso sostenible de los recursos naturales, las ciudades han presentado dificultades en garantizar la extensión, el estado de salud y las conexiones de la estructura ecológica principal que confluye en el ecosistema urbano, lo que se refleja en localización de barrios ilegales en laderas de montañas, niveles peligrosos de contaminación atmosférica, ríos contaminados, exceso de residuos sólidos, pérdida de bosques claves para las funciones de regulación climática e hídrica y ocupación de zonas de ronda, entre otros impactos que comprometen su capacidad resiliencia, desarrollo y competitividad.

3.1.2 Retos urbanos de Colombia

De acuerdo con la Misión del Sistema de Ciudades, las urbes colombianas presentan seis ejes problemáticos:

1. Planeación incompleta y desarticulada del territorio
2. Dificultades de conectividad entre ciudades
3. Retos para ser productivas
4. Retos para mejorar los niveles de vida de sus habitantes
5. Desalineación entre los esquemas de financiación e inversión y las necesidades de las ciudades
6. Débil coordinación institucional para enfrentar las nuevas dinámicas urbanas

En línea con estos ejes, quizás el reto urbano más significativo que enfrentan los tomadores de decisión es lidiar con las consecuencias de años de planificación y ordenamiento de las ciudades sin considerar la relación interdependiente entre lo urbano y lo rural, que entre otras consecuencias ha comprometido la prestación de servicios ecosistémicos fundamentales para el bienestar humano y su capacidad de recuperarse ante las presiones. Para superar esta realidad, las políticas públicas en materia de

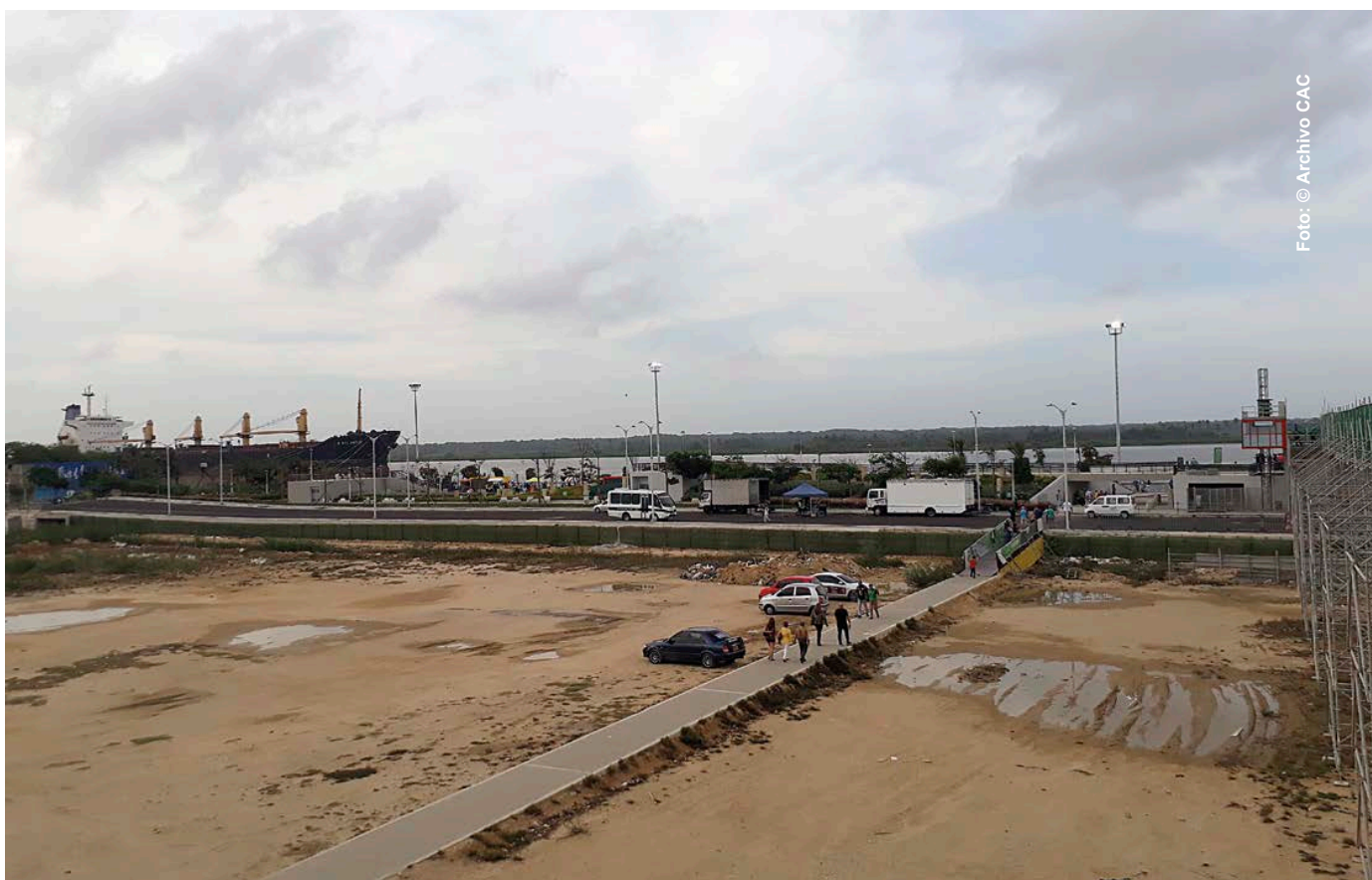


Foto: © Archivo CAC

ciudades deben propender por el logro de un desarrollo funcional y armónico de los asentamientos urbanos, considerando la planeación del Sistema de Ciudades en coordinación con los determinantes del territorio: la estructura ecológica principal, las relaciones y conexiones entre lo urbano y lo rural y la cultura del territorio.

El ordenamiento del territorio en todo su conjunto supone un reto para la formulación de políticas públicas que garanticen el uso del suelo de acuerdo a su vocación, en donde se deben considerar como imperativos para la toma de decisiones los elementos estructurales y fundamentales del territorio, como la estructura ecológica principal, las relaciones entre municipios y regiones cercanas y las diferentes territorialidades que en este se manifiestan. En ese aspecto es clave mencionar el crecimiento y desborde de las ciudades colombianas como un factor esencial para el ordenamiento del territorio, que requiere de instituciones sólidas que trabajen de manera articulada y respondan a los nuevos desafíos que suponen las aglomeraciones de ciudades.

De manera general, los planes de ordenamiento territorial de las ciudades deben estar diseñados en torno a las cuencas hidrográficas y los demás elementos que componen la estructura ecológica principal, considerando, además de su carácter regional, aspectos tales como:

- 🏠 Protección y manejo efectivo de los espacios naturales que confluyen con la infraestructura urbana.
- 🏠 Ampliación en la cobertura y representatividad ecosistémica de los espacios que se encuentran dentro de la EEP.
- 🏠 Mayor conectividad entre los espacios de la EEP que potencie las dinámicas e interacciones ecológicas entre sus componentes.
- 🏠 Gestión coordinada que contemple una armonización entre el POT, la EEP y otros instrumentos de planificación y gestión del territorio.
- 🏠 Una mayor apropiación social de estos espacios mediante el desarrollo de instrumentos o equipamientos que permitan potenciar su función social.
- 🏠 Una mayor inversión que potencie un manejo efectivo de los espacios naturales y garantice

la prestación de servicios ecosistémicos (Bogotá Cómo Vamos, 2018).

Teniendo en cuenta lo anterior, el desbordamiento urbano sumado a una deficiente administración trae consigo fuertes implicaciones sociales, como falta de oportunidades laborales; déficit en la prestación de servicios; desarrollo de barrios ilegales, ubicados en su mayoría en zonas de alto riesgo; aumento en la brecha social e índices de desigualdad; problemas de seguridad; falencias en la prestación de sistemas de transporte urbano; mayor demanda por recursos naturales; aumento en la tasa de generación de residuos sólidos y aguas residuales de origen doméstico, lo que conlleva a mayores costos de operación en saneamiento básico y, en términos generales, a la consolidación de asentamientos humanos insostenibles.

En términos de ocupación del territorio, el crecimiento demográfico en las ciudades representa un reto para las administraciones urbanas ya que implica una inminente y pronta saturación física, donde el área geográfica disponible presenta serios limitantes en cuanto a prestación de servicios ecosistémicos y se debe recurrir a municipios aledaños para suplir las necesidades de sus habitantes. Lo anterior se evidencia en Bogotá, en donde el 80% del suministro del recurso hídrico se obtiene del páramo de Chingaza, ubicado a 85 km de la ciudad.

A nivel ambiental, las ciudades presentan diversidad de retos entre los que se destacan:

- 🏠 Delimitar la estructura ecológica principal, garantizar su estado de salud y las conexiones entre sus componentes.
- 🏠 Reducir los niveles de contaminación atmosférica nocivos para la salud.
- 🏠 Disminuir la emisión de GEI por parte de los sectores energético y de construcción.
- 🏠 Conservar las zonas de amortiguación y ronda de fuentes hídricas.
- 🏠 Disminuir la producción *per cápita* de residuos sólidos.
- 🏠 Enfrentar los impactos del cambio climático.
- 🏠 Descontaminar los cuerpos de agua.

- 🏠 Conservar ecosistemas estratégicos, como bosques y humedales, que confluyen en áreas urbanas.
- 🏠 Llevar a cabo una gestión del riesgo eficiente que reduzca la vulnerabilidad de la población a catástrofes como inundaciones, deslizamientos y fenómenos de remoción en masa.

Quizás uno de los retos ambientales más significativos que las administraciones urbanas deben enfrentar es el cambio climático, dadas las limitaciones institucionales y la alta sensibilidad que estas pueden presentar; por ejemplo, Bogotá es una de las ciudades que lidera el *ranking* nacional en cuanto a vulnerabilidad al cambio climático se refiere, pues presenta un riesgo alto, muy alta amenaza, muy alta sensibilidad y baja capacidad adaptativa, todo lo cual configura a la capital del país como una ciudad altamente vulnerable (Ideam, 2017c) y ello compromete su competitividad, bienestar social y calidad ecosistémica.

Suplir la demanda de servicios básicos de una población en constante crecimiento, tales como vivienda, saneamiento básico y movilidad, puede considerarse un reto para las ciudades. Tan solo en Bogotá, según el último informe de calidad de vida en el sector hábitat de Bogotá cómo vamos, BCV, hacen falta 220.000 viviendas, lo que ha llevado al desarrollo de ocupaciones ilegales, las cuales crecieron 74% entre 2009 y 2016, y se evidencia en el aumento de hectáreas ocupadas en localidades como Ciudad Bolívar, en donde pasaron de cerca de 1.000 a más de 3.000 hectáreas (Bogotá Cómo Vamos, 2018).

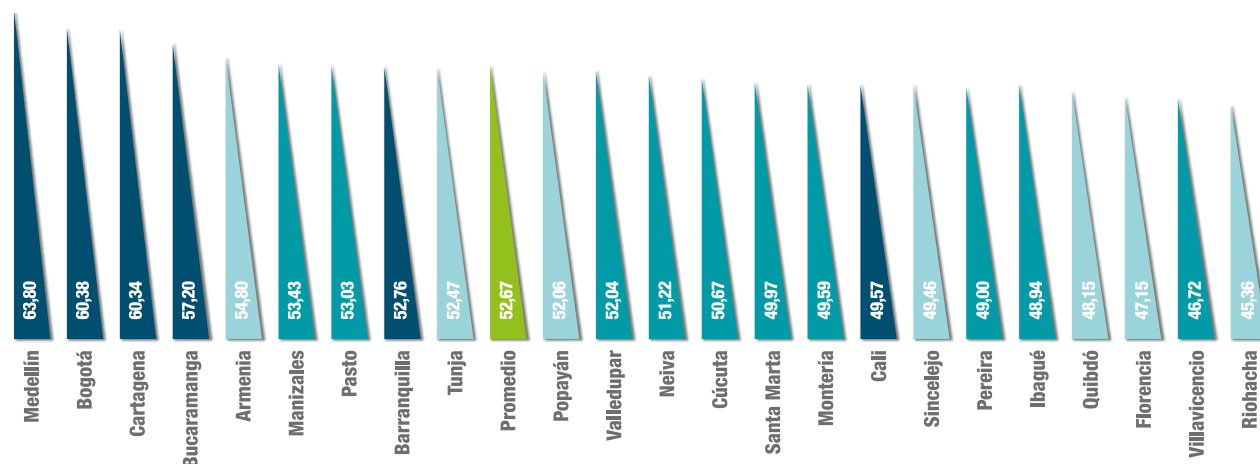
En términos de movilidad, las ciudades requieren el desarrollo de sistemas eficientes que garanticen la conectividad, equidad y accesibilidad desde las zonas residenciales hasta los centros de trabajo

(Wessels, Pardo, & Bocarejo, 2012). En las ciudades colombianas, este aspecto constituye uno de los mayores retos, dado que requiere inversiones de infraestructura que permitan el tránsito hacia sistemas de transporte no motorizados, mayores espacios para el peatón y eficiencia en el servicio de transporte público, además de vehículos limpios bajos en emisiones. Para lograr lo anterior se debe superar una de las principales falencias que presentan las ciudades: la funcionalidad y distribución espacial de los sistemas de movilidad (Bogotá Cómo Vamos, 2018).

Finalmente, los retos de las ciudades colombianas se pueden agrupar en su capacidad para proporcionar calidad de vida a sus habitantes, aspecto fundamental para avanzar hacia el cierre de las brechas sociales, lo cual cobra especial importancia en el contexto de posconflicto. Según el *Primer reporte del estado de las ciudades de Colombia: camino hacia la prosperidad urbana*, publicado por ONU-Hábitat con el objetivo de medir el progreso presente y futuro de las ciudades en el camino de la prosperidad, el país presenta un escenario optimista en cuanto a la capacidad de las ciudades para mejorar la calidad de vida de sus habitantes, lo cual se sustenta en que las externalidades negativas de las aglomeraciones, como por ejemplo los problemas de movilidad, parecen ser compensadas por las positivas, como la oportunidad de obtener un empleo o iniciar un emprendimiento, lo que genera un sesgo a la hora de evaluar de manera independiente las variables que definen la calidad de vida. ONU Hábitat, clasifica a Medellín como la ciudad con mayor índice de calidad de vida, seguida de Bogotá y Cartagena y en último lugar de las 23 ciudades analizadas se ubica Riohacha, como se muestra en el Gráfico 49 (ONU Hábitat, 2015).



Gráfico 49. Subíndice de calidad de vida en 23 ciudades de Colombia



Fuente: ONU Hábitat (2015).

3.2 Políticas públicas de sostenibilidad urbana en Colombia

Desde el año 2008 Colombia cuenta con la Política de Gestión Ambiental Urbana, la cual está orientada a:

Definir principios e instrumentos de política pública, que permitan manejar y gestionar el medio ambiente al interior del perímetro urbano de las grandes, medianas y pequeñas ciudades, acorde con sus características específicas y sus problemáticas ambientales actuales. (MADS, 2008)

La anterior afirmación permite identificar quizás el error más común en el desarrollo de políticas públicas en las ciudades: la falta de integración entre lo urbano y lo rural.

Pese a que el 85% del PIB nacional se genera en las ciudades y que tres de cada cuatro colombianos vive en áreas urbanas, Colombia no cuenta con políticas públicas suficientes que promuevan la articulación, complementariedad y coordinación entre ellas (DNP, 2014a), lo que se ve reflejado en pérdida de competitividad, deterioro y agotamiento de los recursos naturales y altos niveles de desigualdad, entre otros conflictos.

Para afrontar lo anterior, el Gobierno nacional desarrolló en 2012 la Misión Sistema de Ciudades, la cual tuvo como objetivo establecer los lineamientos para

la formulación del Sistema de Ciudades de Colombia, considerando los siguientes ejes estratégicos:

- 🏠 Aprovechar el potencial de las economías de aglomeración y su desbordamiento sobre los municipios que son parte de las ciudades funcionales.
- 🏠 Promover el desarrollo de clústeres.
- 🏠 Disminuir brechas sociales.
- 🏠 Aumentar la competitividad.
- 🏠 Promover la sostenibilidad ambiental.

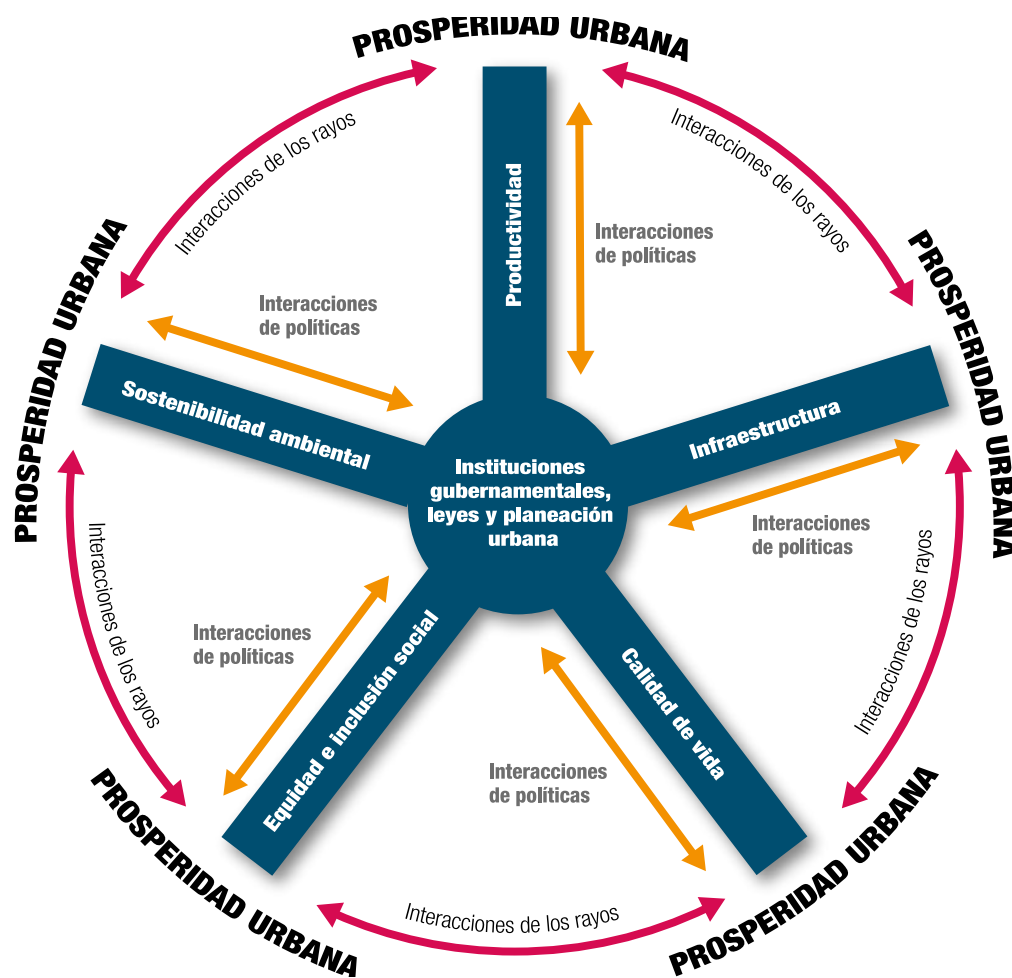
El Conpes 3819 de 2014 fue el resultado de esta misión y constituye la política pública de orden superior que define el Sistema de Ciudades en Colombia, la cual tiene por objetivo fortalecer las áreas urbanas como motor de crecimiento del país, promoviendo la competitividad regional y nacional, el mejoramiento de la calidad de vida de los colombianos y la sostenibilidad ambiental en un contexto de equidad y posconflicto. Esta política contempla una visión sostenible y un crecimiento verde en las áreas urbanas, orientado a mejorar la conectividad física y digital, fomentar el desarrollo productivo, disminuir las brechas sociales, optimizar el uso de recursos y promover esquemas asociativos entre ciudades y territorios (DNP, 2014a).

El enfoque de planificación urbana del Conpes 3819 considera la estructura ecológica principal como instrumento de mayor jerarquía para el ordenamiento del territorio, así como la articulación institucional entre áreas urbanas y rurales que promueva la planificación ambiental hacia territorios sostenibles. Este último concepto es definido por Guhl (2018) como:

Una creación social en la que se identifican, consolidan y acuerdan participativamente visiones y opciones para el manejo y el ordenamiento del territorio (urbano y rural), con el fin de lograr el bienestar y la seguridad de su población a lo largo del tiempo.

En línea con la imperante necesidad de articulación institucional entre áreas urbanas y rurales, ONU Hábitat destaca que las ciudades colombianas requieren potenciar la institucionalidad entre entornos metropolitanos y regionales, a través de políticas públicas que dinamicen las relaciones sociedad-territorio e impulsen la prosperidad de las áreas urbanas, llevando a consolidar ciudades que contribuyan al crecimiento económico y el desarrollo, generen ingresos, proporcionen trabajos decentes y oportunidades equitativas para todos (ONU Hábitat, 2015). Para avanzar en este fin, las políticas públicas que impulsen la sostenibilidad de las ciudades deberían considerar “la rueda de la prosperidad urbana” que se aprecia en el Gráfico 50.

Gráfico 50. Rueda de la prosperidad urbana



Fuente: ONU Hábitat (2015).





De manera específica, Colombia cuenta con políticas públicas a nivel macro que impulsan la construcción de territorios sostenibles, donde las áreas urbanas se posicionan como principales actores para alcanzar tal fin. A continuación se presentan algunos aspectos del marco regulatorio que el país ha definido para enfrentar el cambio climático, promover un crecimiento verde, avanzar hacia una economía baja en carbono y cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible que involucran directamente a las ciudades.

3.2.1 Política Nacional de Cambio Climático

Establecida en 2017 como parte de la estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático planteada en el Conpes 3700 de 2011, tiene por objetivo:

Incorporar la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas para avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima y bajo en carbono, que reduzca los riesgos del cambio climático y permita aprovechar las oportunidades que este genera. (MADS, 2017)

Para avanzar en el mencionado objetivo, la política se halla orientada a incidir en las instancias de planificación de las ciudades mediante el diagnóstico de sus emisiones, análisis de vulnerabilidades climáticas e identificación, implementación y evaluación de medidas de mitigación y adaptación (MADS, 2017).

Para el caso de grandes ciudades y áreas metropolitanas, la política destaca la necesidad de avanzar en la educación técnica en temas de minimización y aprovechamiento de residuos, medición y reporte de huella de carbono institucional, sistemas de transporte bajos en carbono, ahorro de agua y eficiencia energética. A continuación se presentan las líneas de acción de la política que orientan la estrategia de desarrollo urbano bajo en carbono y resiliente al clima (MADS, 2017):

- 🏠 Dotar a las ciudades con infraestructura urbana resiliente a las inundaciones y/o al aumento del nivel del mar.
- 🏠 Reducir el riesgo climático por desabastecimiento hídrico de las ciudades mediante incentivos al uso eficiente del agua y la reducción de pérdidas y agua no contabilizada.
- 🏠 Brindar alternativas de transporte público eficientes e integradas, bajas en carbono y resilientes al clima.
- 🏠 Establecer incentivos para vehículos de bajas emisiones.
- 🏠 Promover la implementación de modos no motorizados que impulsen la movilidad sostenible.
- 🏠 Disminuir la generación de residuos sólidos y aguas residuales urbanas.
- 🏠 Promover el reuso, reciclaje y aprovechamiento de residuos, incluyendo su valorización energética antes de que lleguen a su disposición final en rellenos sanitarios.

- 🏠 Incentivar la eficiencia energética residencial y no residencial y la construcción sostenible, baja en carbono y resiliente al clima.
- 🏠 Disminuir el riesgo de las ciudades al cambio climático.
- 🏠 Reducir las emisiones de GEI en el sector transporte mediante la expansión controlada

de ciudades de forma más compacta e interconectada.

- 🏠 Promover la conservación de la estructura ecológica principal y el manejo del paisaje, a través de la construcción y el mantenimiento de espacios públicos urbanos verdes.

3.2.2 Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono

Esta estrategia es un instrumento de planeación del desarrollo a corto, mediano y largo plazo de Colombia y busca desligar el crecimiento económico del país de las emisiones de GEI, a través de medidas sectoriales de mitigación que contribuyen a la economía y competitividad de diferentes sectores (MADS, 2012). Como parte del componente de planeación, se

incluye el desarrollo de planes de mitigación en sectores críticos de emisiones de GEI en las ciudades – como transporte, energía y construcción–, enfocados en promover transporte público y de carga bajo en emisiones, energías renovables y eficiencia energética en alumbrado, edificaciones públicas y hoteles (MADS, 2012).

3.2.3 Misión de Crecimiento Verde

De acuerdo con las proyecciones del DNP relacionadas con alcanzar un modelo de crecimiento verde en Colombia, de no cambiarse la forma usual de desarrollar nuestra economía, aumentará la presión sobre el suelo, el agua y la energía en 43,8%, 64,5% y 51,2%, respectivamente, como se muestra en el Gráfico 51. La Misión destaca que lograr una

tasa de crecimiento económico de largo plazo del 4% sin generar presión sobre los recursos naturales estratégicos, requerirá de aumentos en la productividad y la eficiencia en el uso de los recursos (DNP, 2017b), aspecto en el que las ciudades juegan un rol esencial al ser consideradas como motores de desarrollo.

Gráfico 51. Incremento en el consumo de recursos, Colombia 2015-2030



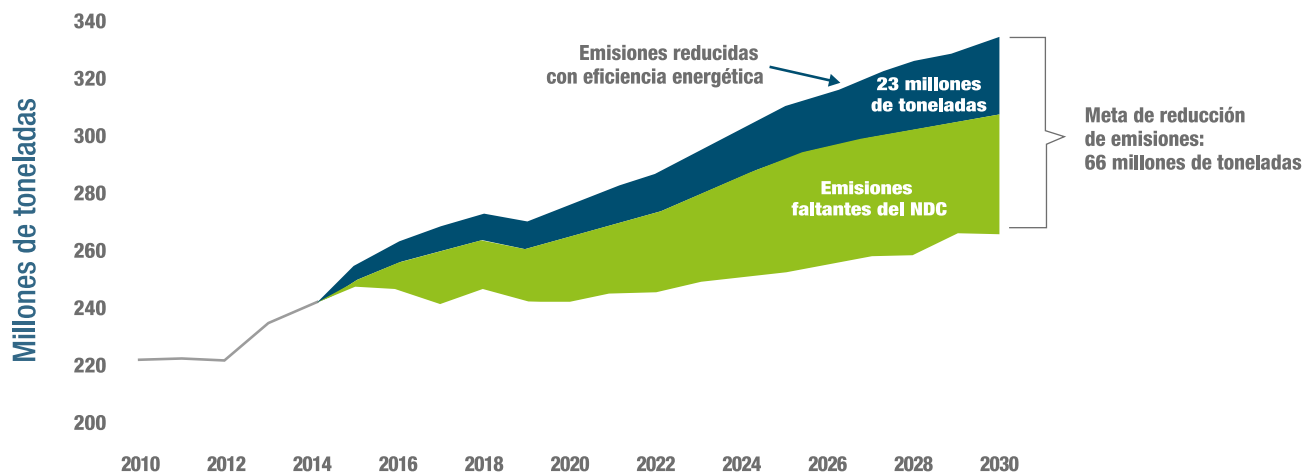
Fuente: DNP (2017b).



Como se ha mencionado, las ciudades consumen el 70% del suministro global de energía (Ivero & Vernay, 2013) y son responsables del 75% de las emisiones de carbono (UNEP, 2013b). Según la Misión, es posible desligar las emisiones de GEI del crecimiento y el desarrollo económicos tan solo con implementar

una mejora de 1,5% en eficiencia energética en toda la economía; esto contribuiría en un 34% para alcanzar la meta NDC de Colombia y representaría una reducción de 23.000 toneladas de CO₂, como puede apreciarse en el Gráfico 52 (DNP, 2017b).

Gráfico 52. Contribución en reducción de emisiones de GEI en el escenario de eficiencia energética



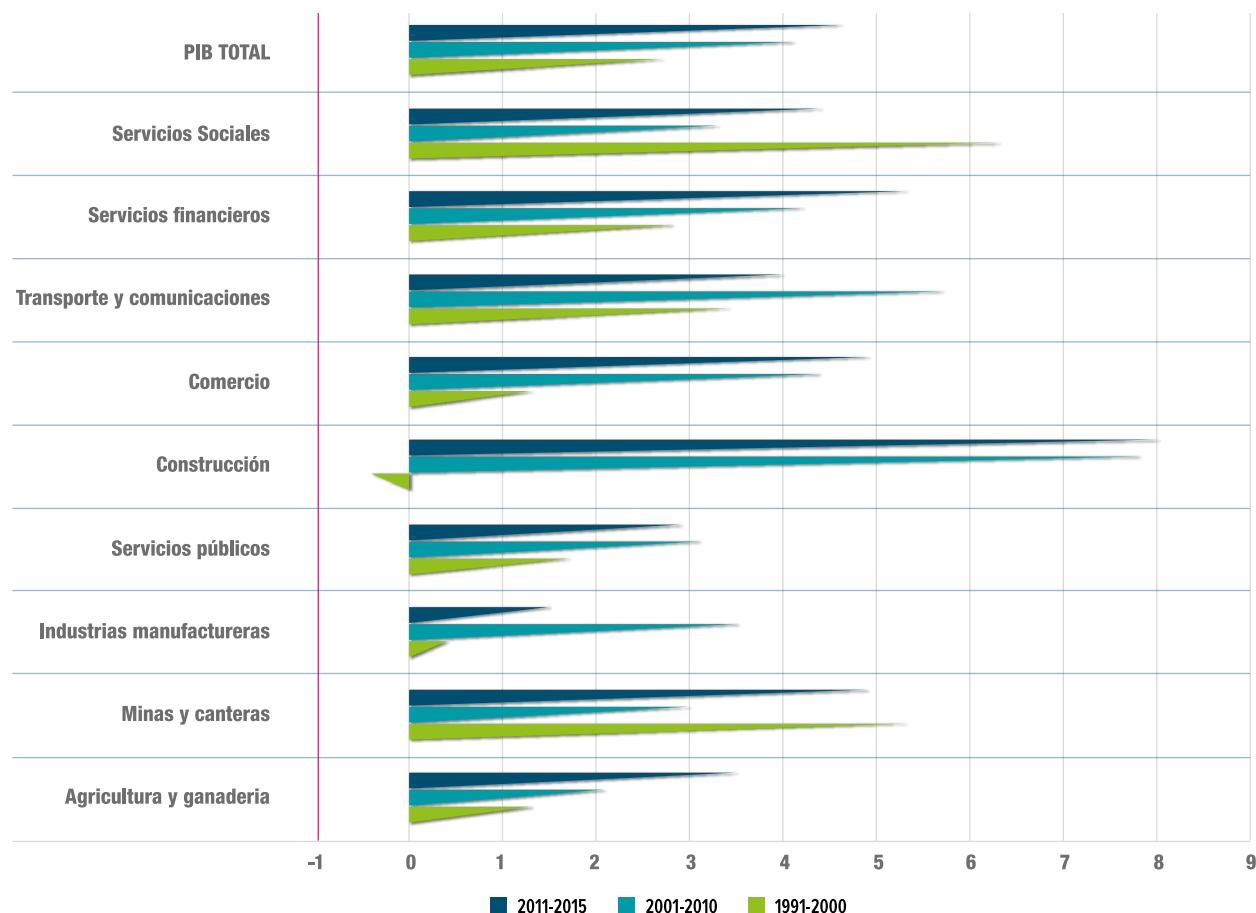
Fuente: DNP (2017b).

Dentro de los ejes temáticos de la Misión de Crecimiento Verde se encuentra el uso eficiente de los recursos, el cual se relaciona fuertemente con las ciudades porque involucra el aumento en la productividad del agua y la mejora en el tratamiento de aguas residuales, así como el incremento en la eficiencia energética y la participación de las energías renovables dentro de la matriz energética. En este eje se incluye la intensidad en el consumo de

materiales que busca aumentar el aprovechamiento de residuos hacia una economía circular, especialmente en la construcción de edificios, en donde es clave considerar el fenómeno de urbanización que ha impulsado el crecimiento de este sector y lo ha posicionado como el mayor motor de crecimiento del país desde el año 2000 (DNP, 2017b). Lo anterior se muestra en el Gráfico 53.



Gráfico 53. Crecimiento económico sectorial (promedio por década en porcentaje)



Fuente: DNP (2017b).

Finalmente, la Misión destaca la conservación del capital natural como uno de los motores de crecimiento verde. En relación con las áreas urbanas, este eje resulta de especial interés si se tienen en cuenta los costos en salud asociados a la degradación ambiental en Colombia, los cuales ascienden a 20,7 billones de pesos, es decir, el 2,6% del PIB del

año 2015, y están relacionados con 13.718 muertes y cerca de 98 millones de síntomas y enfermedades, en los que la contaminación del aire, especialmente por el sector transporte, juega un fuerte protagonismo aportando el 75% de estos costos: 15,4 billones de pesos, es decir, el 1,93% del PIB para 2015 (DNP, 2017a).

3.2.4 Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS

El Conpes 3918 de 2018, define la estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS, en Colombia y destaca sus metas como innovadoras, al incluir el concepto de sostenibilidad como un asunto transversal en el modelo de desarrollo (DNP, 2018). El logro de esta ambiciosa agenda depende de la habilidad de localizarlos en las ciudades,

las regiones y los municipios, lo que resulta especialmente importante para las áreas urbanas dado que las proyecciones poblacionales muestran que para el año 2050 la población colombiana que vivirá en centros urbanos alcanzará 52,6 millones de habitantes, es decir, el 86% de la población total proyectada (DNP, 2014c).

En materia de ciudades, el país se ha trazado como meta a 2030 mejorar en un 2,7% los hogares urbanos con déficit cuantitativo de vivienda, lo que implica garantizar el acceso a servicios de saneamiento

básico y recolección de residuos, reducir las carencias habitacionales y detener el desarrollo de barrios marginales en zonas de alto riesgo.

3.3 Las ciudades colombianas frente al cambio climático

Según la *Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia*, si aumentan los niveles de emisiones globales de GEI, la temperatura media anual del país podría incrementarse gradualmente para el año 2100 en 2,14 °C, siendo los departamentos de Arauca, Vichada, Vaupés y Norte de Santander los que presentarían un mayor incremento. Esta situación, sumada a los cambios en el uso del suelo, puede ocasionar disminución de la productividad agrícola, pérdida de fuentes y cursos de agua y, en las áreas urbanas, mayor incidencia de olas de calor (Ideam, 2015), las cuales de acuerdo con los resultados del análisis de vulnerabilidad y riesgo de Colombia, presentan una tendencia de aumento principalmente en cuatro ciudades: Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla (Ideam, 2017c).

Una variación gradual en la temperatura y la precipitación del país, a causa del cambio climático, podría generar que los efectos de fenómenos como El Niño y/o La Niña tengan mayor impacto en los territorios (Ideam, 2015). La urbanización y los cambios en los

patrones de asentamiento se reconocen como factores no climáticos que tienen influencia en los componentes que definen la vulnerabilidad al cambio climático –exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación– y pueden considerarse como motores de cambio socioecológico a nivel global –principalmente dadas sus relaciones con las áreas rurales– esenciales para el análisis de riesgo al cambio climático y la toma de decisiones.

De acuerdo con el *Global Climate Risk Index* publicado en 2017, Colombia ocupa el puesto 33 entre 180 países en cuanto a riesgo ante el cambio climático¹³ (Kreft, Eckstein, & Melchior, 2017), siendo el número 1 el país con mayor riesgo y 180 aquel con menor riesgo. En las principales ciudades capitales de las regiones Andina y Caribe se evidencia un alto riesgo a los efectos del cambio climático. La Tabla 8 muestra la clasificación del riesgo a este fenómeno en términos de amenaza y vulnerabilidad para algunas ciudades colombianas.

Tabla 8. Clasificación del riesgo

Ciudad	Riesgo por cambio climático	Amenaza por cambio climático	Vulnerabilidad
Bogotá	Alto	Muy alta	Muy alta
Medellín	Medio	Muy baja	Media
Barranquilla	Alto	Baja	Alta
Cartagena	Alto	Muy baja	Alta
Manizales	Alto	Media	Media
Montería	Alto	Muy alta	Media
Cali	Muy alto	Muy alta	Alta
Bucaramanga	Alto	Muy alta	Media
Pereira	Alta	Baja	Alta
San Andrés	Muy alto	Muy baja	Muy alta

Fuente: elaboración propia con datos de Ideam (2017c).

Según la Tabla 8, Bogotá es una de las ciudades que lidera el *ranking* de vulnerabilidad al cambio climático, presentando un alto riesgo, muy alta amenaza, muy alta sensibilidad y baja capacidad adaptativa.

En términos de seguridad alimentaria y recurso hídrico, presenta riesgo muy alto a los efectos del cambio

13 Este rango se establece con datos de 2015.

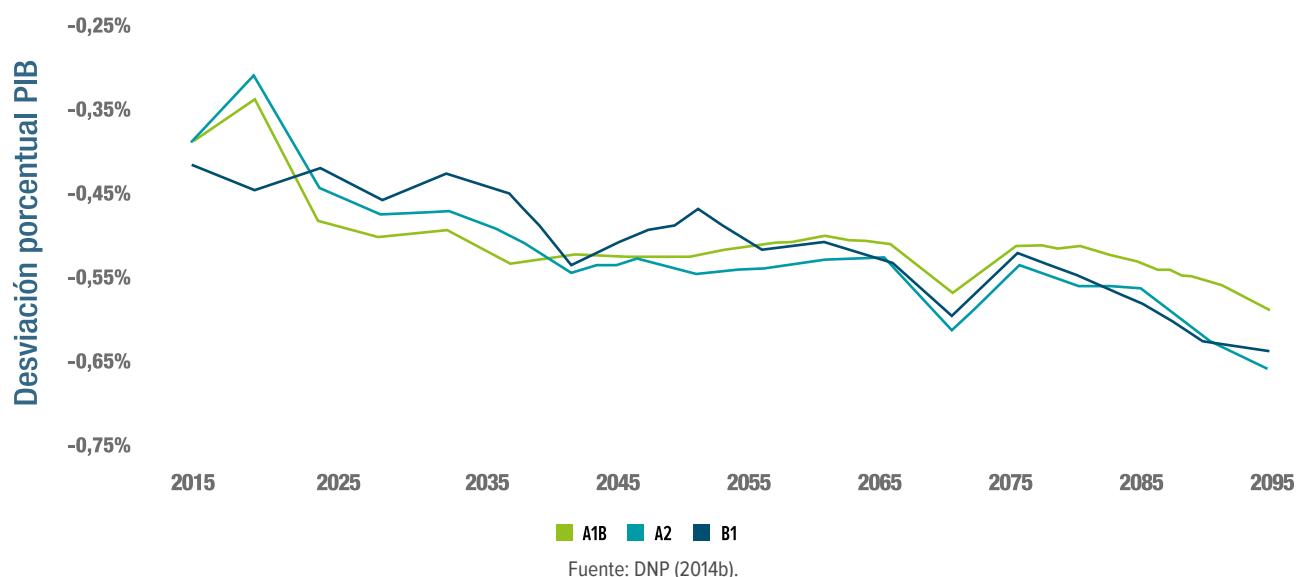
climático; en biodiversidad y salud, un riesgo medio; y en hábitat humano e infraestructura, presenta riesgo bajo. Todo ello posiciona a la capital del país como prioritaria para el desarrollo de acciones de mitigación y adaptación al cambio climático.

Las ciudades costeras del país, como Barranquilla y Cartagena, también enfrentan un nivel alto de riesgo al cambio climático, en situaciones como el incremento del nivel del mar y el aumento de las lluvias, lo que trae consigo afectaciones sociales y económicas importantes. Es el caso de Cartagena, en donde gran parte de la población habita en la zona costera y los principales sectores económicos de la ciudad –turístico, portuario e industrial– están localizados cerca del mar (Fredrich Ebert Stiftung, 2017).

Según el informe *Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia* publicado por el DNP,

se estima que el impacto agregado del cambio climático en la economía del país será negativo si no se toman medidas para reducir la vulnerabilidad, es decir, si se supone un escenario de no adaptación al cambio climático. De 2011 a 2100, en promedio el país experimentaría pérdidas anuales del 0,49% del PIB; en un escenario pesimista, el PIB nacional disminuiría cada año en 0,50%, mientras que en el escenario más óptimo se presentarían pérdidas del 0,48%, como se muestra en el Gráfico 54 (DNP, 2014b). Ello significa que las pérdidas estimadas por este fenómeno son equivalentes a que el país sufriera, cada cuatro años, impactos similares a los de La Niña 2010-2011, los cuales comprendieron pérdidas en promedio de 11,2 billones de pesos, 2,35 millones de damnificados y 3,5 millones de hectáreas inundadas (DNP, 2014d).

Gráfico 54. Pérdida del PIB como consecuencia del cambio climático¹⁴



Lo anterior supone un fuerte impacto en los hogares, dado que sectores como la agricultura, la ganadería y la pesca tendrían pérdidas agregadas en su producción, lo que incrementaría los precios de los alimentos y disminuiría la capacidad de consumo de la población, circunstancia que afectaría significativamente a las familias más pobres. Para enfrentar esta situación y en línea con la NDC de Colombia, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, MADS, ha establecido diez acciones específicas que se priorizan a 2030 en los territorios –incluyendo ciudades y zonas rurales– para enfrentar el cambio climático, como se detalla a continuación.

.....

¹⁴ Las convenciones A1B, A2 y B1 corresponden a los escenarios de emisiones propuestos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, IPCC (2000).



1. La totalidad del territorio nacional cubierto con planes de cambio climático formulados y en implementación.
2. Un Sistema Nacional de Indicadores de Adaptación que permita monitorear y evaluar la implementación de medidas de adaptación.
3. Las cuencas prioritarias del país contarán con instrumentos de manejo del recurso hídrico con consideraciones de variabilidad y cambio climático.
4. Seis sectores prioritarios de la economía (transporte, energía, agricultura, vivienda, salud, comercio, industria y turismo) incluirán consideraciones de cambio climático en sus instrumentos de planificación y estarán implementando acciones de adaptación innovadoras.
5. Fortalecimiento de la Estrategia de Sensibilización, Formación y Educación a diferentes actores sobre las implicaciones del cambio climático.
6. Delimitación y protección de los 36 complejos de páramos que tiene Colombia (aproximadamente tres millones de hectáreas).
7. Aumento en más de 2,5 millones de hectáreas en cobertura de nuevas áreas protegidas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, SINAP, en coordinación con actores locales y regionales.
8. Inclusión de consideraciones de cambio climático en proyectos de interés nacional y estratégicos, PINES.
9. Diez gremios del sector agrícola, como el arrozero, el cafetero, el ganadero y el silvopastoril, con capacidades de adaptarse adecuadamente al cambio y la variabilidad climáticos.
10. Quince departamentos del país participando en las mesas técnicas agroclimáticas, articuladas con la mesa nacional y un millón de productores recibiendo información agroclimática para facilitar la toma de decisiones en actividades agropecuarias

Entendiendo esta situación, algunas ciudades colombianas han implementado diferentes acciones de mitigación que permitan aumentar su resiliencia a los efectos del cambio climático, entre estas se



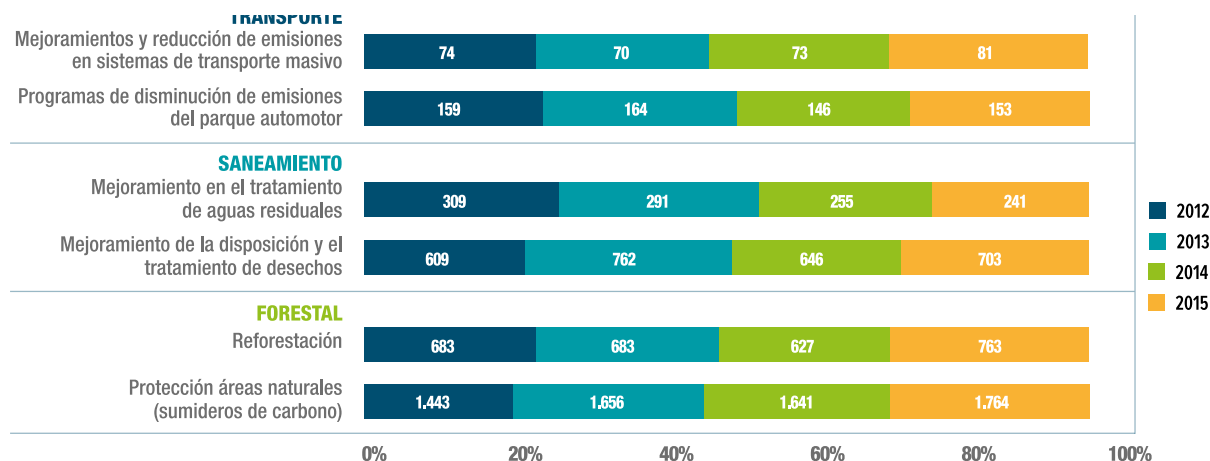
destacan el “Cinturón Verde” de espacios abiertos alrededor de Medellín, diseñado para restringir la expansión futura y crear espacios recreativos, una iniciativa que integra la infraestructura verde con el entorno construido para responder a las necesidades de mitigación y adaptación; los carriles de bicicletas aislados –ciclorrutas, bicicaril– e incentivos a la movilidad en bicicleta, desarrollados por Bogotá; y la creación de políticas, herramientas y planes nacionales para promover el transporte público con bajas emisiones de carbono a diferentes escalas, entre otras medidas que han sido reconocidas a nivel internacional por la Acción Climática de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático –CMNUCC, por su sigla en inglés– (Ideam, 2015).

A continuación se presentan ciertas medidas adoptadas por algunas ciudades en Colombia para enfrentar el cambio climático, en términos de mitigación y adaptación, establecidas bajo los lineamientos de la Política Nacional de Cambio Climático.

3.3.1 Mitigación

Como se ha mencionado a lo largo de este documento, las ciudades son territorios claves para detener el incremento acelerado de emisiones de GEI a través de medidas de mitigación, principalmente en los sectores transporte, energía y construcción. En Colombia, entre los años 2012 y 2015, se ejecutaron a nivel municipal 14.016 acciones compatibles con la mitigación del cambio climático. Con respecto a los municipios con mayor cantidad de acciones de mitigación –según el IDEAM, rango entre 35 a 89 acciones–, tan solo veinte, que representan 2% del total de municipios del país, y cuatro ciudades –Bogotá, Cali, Barrancabermeja, Pasto y Barranquilla– han adelantado en conjunto un total de 879 acciones de mitigación durante los últimos años, entre las que se destacan la reforestación y la protección de áreas naturales como las más comunes. Lo anterior se muestra en el Gráfico 55.

Gráfico 55. Número de acciones de mitigación adelantadas con gasto público a nivel municipal, 2012-2015



Fuente: Ideam (2017b).

En la Tabla 9 se presentan las líneas estratégicas de mitigación que han sido establecidas en el marco de la Política Nacional de Cambio Climático y que las ciudades colombianas deben desarrollar.

Tabla 9. Medidas de mitigación establecidas en la Política Nacional de Cambio Climático

Línea estratégica de mitigación	Objetivos/Metas
Sector	Energía
Generación de energía	Tiene como objetivo la diversificación adecuada de la matriz energética colombiana, cumpliendo con parámetros de calidad, seguridad y confiabilidad, así como la promoción de proyectos de generación a partir de fuentes no convencionales de energía renovable, que respeten las reglas de mercado y garanticen la confiabilidad del sistema.
Eficiencia energética	Busca fomentar la implementación de medidas que promuevan un consumo energético sostenible y eficiente en los procesos asociados a la industria.
Gestión de la demanda	Busca reducir la diferencia de consumo de energía eléctrica entre horas pico y valle, incentivando la generación de energía eléctrica en horas valle a partir de fuentes no contaminantes y la promoción para la futura implementación de nuevas tecnologías, como las redes inteligentes.
Sector	Comercio, industria y turismo
Buenas prácticas en eficiencia energética	Implementación de programas de buenas prácticas en la instalación, la operación y el mantenimiento de los equipos eléctricos y de calor o enfriamiento.
Optimización de operaciones logísticas y de transporte	Gestión de operaciones logísticas y de transporte a través de mejora en la eficiencia de recogida/distribución, que permita incrementar la densidad de carga y disminuir viajes en vacío, así como promover vehículos compartidos, conducción ecoeficiente, distribución nocturna e implantación de TMS –sistemas de manejo del transporte– para la optimización de rutas de distribución.
Sector	Vivienda, ciudad y territorio
Compostaje y reciclaje	A 2030, reducción del 9% de los residuos sólidos orgánicos que ingresan a sitios de disposición final –para incorporar en procesos de compostaje– y reducción del 14% de los residuos sólidos que ingresan a sitios de disposición final –para incorporar en procesos de reciclaje–.















Línea estratégica de mitigación	Objetivos/Metas
Sector	Energía
Quema en rellenos sanitarios	Mitigación a través de la oxidación por quema de CH ₄ a CO ₂ en seis rellenos sanitarios que reciben el 60% de los residuos del país.
Sector	Transporte
Sustitución del total de la flota de taxis en las principales ciudades del país por vehículos eléctricos	65.000 taxis eléctricos a 2050
Entrada de motos eléctricas nuevas al parque nacional por sustitución.	42.000 motos eléctricas a 2050
Impulso del uso del gas natural vehicular en vehículos públicos de pasajeros en Bogotá	462 Buses a GNV en el 2050
Entrada de vehículos eléctricos e híbridos en el transporte público de pasajeros de las principales ciudades del país	981 Buses eléctricos e híbridos, al 2050, para grandes ciudades
Ingreso de automóviles eléctricos nuevos al parque nacional	26.000 vehículos eléctricos al 2050
Programa de Renovación del Parque Automotor de Carga, PRRPAC	Reducir la sobreoferta de camiones –C2 y C3– y la edad promedio del parque automotor entre 2018 y 2030.
Día nacional sin carro	Seis días/año sin carro en las cinco principales ciudades del país
Desarrollo orientado al transporte, NAMA TOD	Provisión de infraestructura para apoyar la multimodalidad e intermodalidad en la operación de sistemas estratégicos de transporte público.
Transformación de vehículos con combustible tradicional a gas licuado de petróleo, GLP	2% de la flota nacional en 2028 (219.526 vehículos para 2030)
Sector	Ambiente y desarrollo sostenible
Implementación de distritos térmicos	Implementación de cuatro distritos térmicos, en las ciudades de Cali, Medellín, Cartagena y Bucaramanga, para mejorar la eficiencia energética de los edificios y sustituir los enfriadores que funcionan con SAO y sustancias de alto impacto ambiental.

Fuente: Ideam (2015).



Teniendo en cuenta las líneas estratégicas mencionadas en la Tabla 10, a continuación se presentan algunas medidas de mitigación desarrolladas por siete ciudades colombianas.

Tabla 10. Medidas de mitigación desarrolladas por algunas ciudades colombianas

Ciudad	Programas, políticas, planes relacionados con mitigación	Acciones de mitigación
Medellín	 Plan de Mitigación Unificado como estrategia municipal integral	Sistema Integrado de Transporte Multimodal (metro, tranvía, cables, Metroplus y ciclorrutas) incentiva la reducción de emisiones del parque automotor al promover el transporte masivo eficiente y efectivo.
	 Componente fundamental del plan de ordenamiento territorial	
	 Firma, en 2012, del Pacto Climático Global de Ciudades (más conocido como el Pacto de la Ciudad de México)	El Área Metropolitana del Valle de Aburrá implementa el Plan Maestro Metropolitano de la Bicicleta en su jurisdicción y desarrolla el Sistema de Bicicletas Públicas del Valle de Aburrá, Encicla.
	 Actual formulación del Plan Metropolitano de Cambio Climático para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá	Eco-conducción en el transporte de pasajeros y de carga de Antioquia. Sustitución progresiva de los vehículos de motor de combustión interna de las flotas de transporte público y privado en la región metropolitana del Valle de Aburrá, por vehículos eléctricos, híbridos o con tecnologías de mayor eficiencia (en formulación).
Barranquilla	Plan de acción en el marco del Programa de Ciudades Sostenibles y Competitivas de Findeter, en el cual se incluyó un componente de mitigación de cambio climático.	SITM (Transmetro, primera fase): actualmente está constituido por 284 buses vinculados a la flota, 14 kilómetros en rutas troncales, 190 kilómetros en rutas alimentadoras y más de 600 paraderos de rutas alimentadoras, con los que se promueve el transporte masivo eficiente y efectivo.
Cartagena	 Plan 4C, Cartagena Competitiva y Compatible con el Clima, en el marco del Programa de Ciudades Sostenibles y Competitivas de Findeter, en el cual se incluyó un componente de mitigación de cambio climático.	El SITM Transcaribe opera en Cartagena desde noviembre de 2015 y promueve el transporte masivo eficiente y efectivo.
	 Firma, en 2012, del Pacto Climático Global de Ciudades (más conocido como el Pacto de la Ciudad de México)	Proyecto Sistemas Hybrytec – Proyecto Isla Fuerte, el cual es un sistema de energía solar dirigido a establecer cadenas de frío que benefician la pesca artesanal.
Manizales	 Plan de acción en el marco del Programa de Ciudades Sostenibles y Competitivas de Findeter, en el cual se incluyó un componente de mitigación de cambio climático.	Proyecto Transporte Urbano Sostenible, con objeto de sustituir progresivamente los vehículos convencionales (de motor de combustión interna) de las flotas de transporte público y privado, por vehículos eléctricos, híbridos o con tecnologías de mayor eficiencia.
	 Plan Municipal de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático	Proyecto Transporte Multimodal, el cual ha sido diseñado con el fin de fortalecer los sistemas de transporte multimodal (incluyendo ferroviarios y fluviales), de tal manera que permitan disminuir la cantidad de vehículos terrestres en las vías y, a su vez, las emisiones asociadas al uso de combustible fósil en vehículos.
	 Firma, en 2012, del Pacto Climático Global de Ciudades (más conocido como el Pacto de la Ciudad de México)	Proyecto Eficiencia Energética en Empresas e Industrias, que tiene como objetivo promover uso de tecnologías, cambio de equipos y prácticas en los procesos, que lleven a la reducción en el consumo de energía por unidad de producto o servicio, sumado a otros co-beneficios ambientales, como la reducción de emisiones de GEI.
Montería	 Plan Maestro de Cambio Climático, Montería Ciudad Verde 2019	Proyecto de generación de electricidad a partir de la captura de metano, mejoramiento en el tratamiento de aguas residuales, mejoramiento en la disposición y el tratamiento de desechos, programas de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales, recolección y aprovechamiento de residuos posconsumo eléctricos y electrónicos.
	 Firma, en 2012, del pacto climático global de ciudades (más conocido como el Pacto de la Ciudad de México)	
Montería	 Plan de acción en el marco del Programa de Ciudades Sostenibles y Competitivas de Findeter, en el cual se incluyó un componente de mitigación de cambio climático	Proyecto de aprovechamiento de residuos orgánicos y reciclables para disminuir la cantidad dispuesta en botaderos y rellenos, MIRS: tiene como objetivo disminuir la cantidad de residuos que se disponen en los rellenos sanitarios regionales y locales.



Ciudad	Programas, políticas, planes relacionados con mitigación	Acciones de mitigación
Bogotá ¹⁵	Desde 2013, Plan Regional Integral de Cambio Climático, PRICC, para Bogotá-Cundinamarca	Promoción de eco-conducción en vehículos particulares, de servicio público y de carga (en preformulación)
		Sustitución de buses convencionales por híbridos y/o eléctricos
		Ecomovilidad y uso de diversos medios de transporte no motorizados
		Pequeña central hidroeléctrica Santa Ana de 13,43 MW como proyecto MDL que aprovecha agua de suministro del acueducto de Bogotá; el proyecto cuenta con CER (<i>Certified Emission Reduction</i>) por la reducción de 119.241 t de CO ₂ eq.
		Proyecto de energía solar fotovoltaica de la Empresa de Energía de Bogotá, ubicado en las cubiertas de la empresa. La energía generada se usa para autoconsumo, conectado al Sistema Interconectado con capacidad de 18 KW y generación de 1.900 kWh/mes.
		Proyecto MDL Sombilla de Cambio de Combustible en Bogotá y Cundinamarca, el cual busca la reducción de GEI a través de la sustitución de combustibles fósiles por gas natural en ocho empresas industriales de diferentes actividades económicas, remplazando los equipos existentes. El proyecto cuenta con CER (<i>Certified Emission Reduction</i>) por la reducción de 107.213 t de CO ₂ eq.
		Sistema BRT (<i>Bus Rapid Transit</i>) formulado como un proyecto elegible MDL, el cual ha emitido CER (<i>Certified Emission Reduction</i>) por la reducción de 22.323 t de CO ₂ eq.
Cali	Plan Integral de Cambio Climático	Proyecto Bulevares, Ciclorrutas y Bicicletas Públicas para la Movilidad Departamental, el cual impulsa y prioriza el uso de medios no motorizados, como la bicicleta y la caminata, y tiene como objetivo desincentivar el uso del transporte privado y los taxis, para contribuir a la reducción de emisiones.
		Proyecto Transporte de Carga Férreo: tiene como objetivo desarrollar la infraestructura y los servicios en logística de carga ferroviaria requeridos para el transporte de carga que contribuya a la disminución de emisiones del transporte automotor tradicional.
		Proyecto Distritos Térmicos, el cual busca implementar distritos térmicos en Cali para mejorar la eficiencia energética de las edificaciones y sustituir sistemas de enfriamiento que funcionen con sustancias agotadoras de ozono, SAO, y sustancias de alto impacto ambiental (en formulación).
		Proyecto Carbono Neutro Organizacional: tiene como objetivo promover la producción de productos y servicios con la menor huella de carbono posible, a través de medición, reducción y compensación de la huella de carbono generada por los sectores productivos, institucionales, académicos y comunitarios.
Bucaramanga	Plan de acción en el marco del Programa de Ciudades Sostenibles y Competitivas de Findeter, en el cual se incluyó un componente de mitigación de cambio climático	Proyecto Mejora de Eficiencia de Calderas, cuyo objetivo es aumentar la eficiencia de las calderas en los sectores de la industria de químicos, alimentos y bebidas.
		Proyecto Modernización del Sistema de Alumbrado Público a tecnología LED con telegestión y telemedida en las principales vías y parques de Bucaramanga: busca modificar las prácticas tradicionales de operación y mantenimiento del sistema de alumbrado público, utilizando tecnología LED, dimerización, control individual de las luminarias y reporte en tiempo real sobre las fallas del sistema. Gracias al proyecto se instalaron 1.800 luminarias con las que se logró un ahorro de energía cercano a los 595 millones de pesos anuales y 268 millones de pesos por costos de mantenimiento.
Pereira	Plan de acción en el marco del Programa de Ciudades Sostenibles y Competitivas de Findeter, en el cual se incluyó un componente de mitigación de cambio climático	Proyecto Movilidad al Servicio de la Competitividad para Todos: tiene como objetivo sustituir progresivamente los vehículos convencionales (de motor de combustión interna) de las flotas de transporte público y privado del departamento, por vehículos eléctricos, híbridos o con tecnologías de mayor eficiencia.

Fuente: Ideam (2017b)2.

.....

15 Los planes y acciones de mitigación del cambio climático de Bogotá se han desarrollado en el marco de la RAPE (Región Administrativa y de Planeación Especial) constituida por la ciudad y los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Meta y Tolima.



3.3.2 Adaptación

La Tabla 11 muestra la capacidad de adaptación al cambio climático de siete ciudades colombianas. Destaca la cantidad de acciones que se han desarrollado para aumentar resiliencia a este fenómeno y el gasto público invertido en el periodo 2010-2015.

Tabla 11. Capacidad de adaptación de algunas ciudades colombianas

Ciudad	Capacidad de adaptación	Gasto público 2010-2015 (millones de pesos)
Medellín	Presenta una alta capacidad adaptativa, producto de capacidades fortalecidas, institucionalidad fuerte y presupuestos que favorecen la gestión. Cuenta con 12 acciones asociadas con la adaptación al cambio climático, principalmente relacionadas con protección y restauración de áreas claves para el suministro de agua y servicios ecosistémicos	54.707,583
San Andrés	Presenta una capacidad adaptativa muy baja, principalmente debido a las limitaciones en las capacidades para la gestión de los temas relacionados con seguridad alimentaria, mantenimiento de oferta hídrica y asentamiento humano. El mayor número de acciones asociadas a la adaptación se encuentran en Providencia y se relacionan con el control de la erosión y la protección de ecosistemas nativos importantes para la oferta hídrica.	2.265,383
Barranquilla	Presenta una capacidad adaptativa media. Cuenta con siete acciones asociadas a adaptación al cambio climático, principalmente relacionadas con el manejo artificial de caudales.	29.165,197
Bogotá	Presenta una baja capacidad adaptativa, configurada por un débil aumento de la capacidad para garantizar la seguridad alimentaria y la oferta hídrica, entre otros servicios ecosistémicos. Cuenta con 28 acciones asociadas con adaptación al cambio climático, principalmente relacionadas con reforestación y control de erosión.	111.199,900
Cartagena	Presenta una alta capacidad adaptativa, teniendo en cuenta la cantidad de acciones asociadas a adaptación que la ciudad ha realizado (19), especialmente en temas como conservación, protección, restauración y aprovechamiento sostenible de los ecosistemas forestales.	101.441,561
Manizales	Presenta una capacidad de adaptación alta, caracterizada por una gestión fuerte en temas relacionados con la salud, el hábitat humano y la infraestructura. Ha desarrollado cuatro acciones asociadas con adaptación al cambio climático, principalmente relacionadas con conservación de microcuencas, protección de fuentes, reforestación, adquisición de predios de reserva hídrica y zonas de reservas naturales.	3.519,016
Cali	Presenta una capacidad de adaptación alta. Ha desarrollado 22 acciones asociadas a adaptación al cambio climático, principalmente relacionadas con proyectos para adaptación basada en ecosistemas, aumentar la capacidad de resiliencia a partir de la conservación ecológica para la adaptación a la variabilidad climática y manejo efectivo del sistema municipal de áreas protegidas.	20.049,858
Pereira	Presenta una capacidad de adaptación media. Ha desarrollado 12 acciones asociadas a adaptación al cambio climático, principalmente relacionadas con adquisición de predios de reserva hídrica, conservación de microcuencas, reforestación y control de erosión y pago de servicios ambientales.	9.364,663
Bucaramanga	Presenta una capacidad de adaptación media. Ha desarrollado seis acciones asociadas a adaptación al cambio climático, principalmente relacionadas con conservación de microcuencas, conservación, protección, restauración y aprovechamiento sostenible de ecosistemas diferentes a los forestales e identificación de amenazas.	1.310,319
Montería	Presenta una capacidad de adaptación media, explicada principalmente en las fortalezas de gestión en temas como recurso hídrico, biodiversidad y servicios ecosistémicos. Ha desarrollado cuatro acciones asociadas a adaptación al cambio climático, principalmente relacionadas con conservación de microcuencas, protección de fuentes, reforestación, conservación, protección, restauración y aprovechamiento sostenible de ecosistemas forestales.	945.835

Fuente: Ideam (2017a).

3.4 La Agenda 2030 en las ciudades colombianas

El ODS 11 hace un llamado para que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Para alcanzar este objetivo en Colombia se debería modificar la red de ciudades, restaurar los ecosistemas y garantizar la conectividad de la estructura ecológica principal.

Lo anterior implica un pensamiento complejo de las relaciones sociedad-territorio que considere las intrínsecas interacciones entre lo urbano y lo rural, así como el empoderamiento de los gobiernos locales, teniendo en cuenta que cerca del 50% de las metas le competen de forma directa a los tomadores de decisión a nivel local.

De manera general, la implementación de la Agenda 2030 en las ciudades colombianas muestra un cumplimiento parcial, en donde los ODS 5 (igualdad de género), 6 (agua limpia y saneamiento) y 13 (acción por el clima), presentan los mayores niveles de implementación. Los ODS de mayor dificultad para alcanzar están encabezados por el 1 (fin de la pobreza), 2 (hambre cero), 8 (trabajo decente y crecimiento económico) y 10 (reducción de las desigualdades). En la capital del país se ha logrado completamente el ODS 6 y los ODS 5 y 13 están en progreso. Los ODS catalogados como muy difíciles de lograr son 10 y 15 (vida de ecosistemas terrestres).

Según el *Estudio de línea base en las ciudades colombianas Objetivos de Desarrollo Sostenible* (Villagas Carrasquilla & Peláez Gómez, 2016), publicado por la Fundación Corona, la Red de Ciudades Cómo Vamos y PNUD, Colombia presenta cinco retos transversales para la implementación de los ODS:

1. Superar las grandes brechas para la medición de los ejes de la agenda 2030, tales como ambiente, justicia, paz e instituciones.
2. Generar mayor disponibilidad de información desagregada a nivel local para todos los indicadores de ODS relacionados con áreas urbanas.
3. Generar alianzas multiactor y multisectoriales para reducir los vacíos de información y los impactos en temas en los que el Estado presenta limitaciones.
4. Fortalecer los registros administrativos y el acceso a nuevas fuentes de datos e información.
5. Abordar la brecha de financiación del desarrollo entre territorios, a partir de una mirada integral y transversal de la inversión pública para el desarrollo.



Foto: © Cristian Galvis Galindo

A continuación se describen los retos urbanos más significativos que presentan las ciudades colombianas (Villegas Carrasquilla & Peláez Gómez, 2016) para alcanzar los ODS:

1. **Seguridad alimentaria:** dadas las grandes brechas urbano-rurales que presentan las ciudades colombianas, la tasa de inseguridad alimentaria en promedio para el país es leve o moderada. Sin embargo, ciudades como Bogotá, Cali, Medellín y Barranquilla, se desvían del promedio ya que presentan tasas altas del orden de 27%, 32,8%, 36,8% y 48,9%, respectivamente.
2. **Pobreza, informalidad y desigualdad:** en todas las ciudades analizadas, la tasa de informalidad supera el 42%, lo que afecta principalmente a la población joven, la cual presenta una tasa de desempleo de 15,3%, valor que supera ampliamente la tasa de desempleo general del país (8,9%). La tasa de desocupación en jóvenes se encuentra entre 14,8% (en Bogotá) y 36,1% (en Manizales).

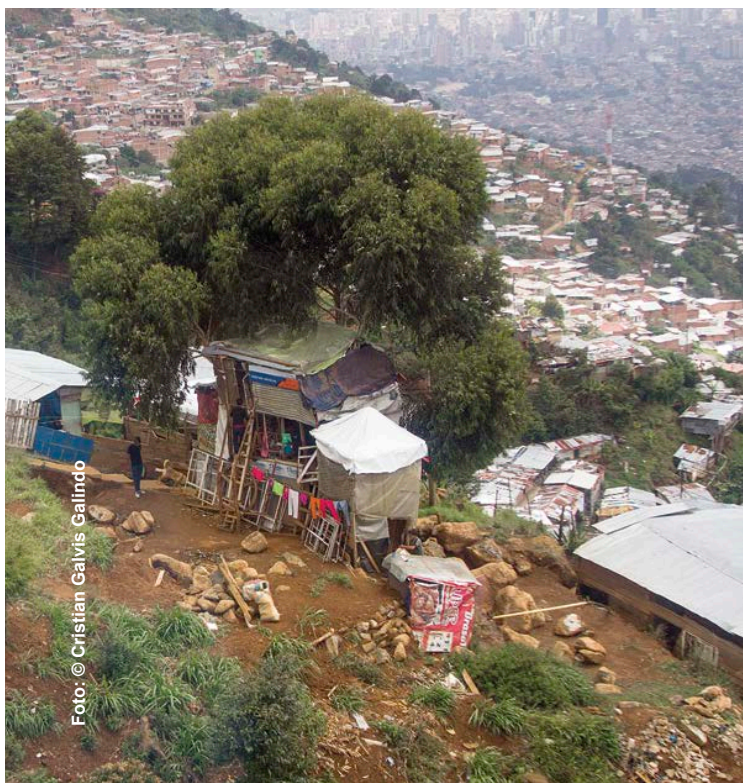


Foto: © Cristian Galvis Galindo

3. **Educación de calidad:** en las ciudades el reto está en adquirir competencias necesarias y útiles para garantizar estilos de vida sostenibles, impulsando la cultura del trabajo y la promoción de profesionales de calidad. En materia de formación en competencias ciudadanas, las urbes presentan un gran desafío, el cual implica ofrecer una educación que genere oportunidades legítimas de progreso y prosperidad, que sea competitiva y contribuya a cerrar las brechas de inequidad
4. **Cambio climático y resiliencia urbana:** reducir su adverso impacto ambiental *per cápita*, prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión municipal de residuos, es uno de los principales retos de las ciudades. La gran mayoría de urbes colombianas emiten partículas PM_{10} y $PM_{2,5}$ que superan los límites máximos establecidos por la OMS. La cobertura y el estado del sistema de vigilancia y monitoreo de la calidad del aire, especialmente de material particulado $PM_{2,5}$, presenta importantes limitaciones para la toma de acciones que reduzcan sus niveles de emisión. Finalmente, la vulnerabilidad por el desabastecimiento de recursos hídricos ante los efectos del cambio climático es cada vez mayor y no se cuenta con información para monitorear este importante componente de la sostenibilidad urbana.
5. **Seguridad ciudadana, paz y coexistencia pacífica:** para las ciudades colombianas, la reducción significativa de todas las formas de violencia y de las tasas de mortalidad son grandes retos. Por ejemplo, en las urbes del país se presentan tasas de mortalidad por violencia contra la mujer de 271,15 por cada 100.000 habitantes, mientras la OMS define como una epidemia de homicidios si la tasa supera los 10 por cada 100.000 habitantes. En las ciudades colombianas, la tasa de homicidios más baja es la de Bogotá con 17,7; en contraste, Yumbo tiene una de las más altas con 67,4. El número de agresiones en las urbes del país es preocupante: en Ibagué se presentan tasas de 437,4 por cada 100.000 habitantes; en Bucaramanga, 429,14; y en Bogotá, 357,8.

3.5 Iniciativas que impulsan la sostenibilidad urbana en Colombia

A continuación se presentan algunas iniciativas que impulsan la sostenibilidad urbana en las ciudades colombianas, haciendo énfasis en calidad del aire, movilidad, infraestructura, cambio climático, ordenamiento del territorio y planificación ambiental.

3.5.1 Calidad del aire

Para enfrentar la problemática de calidad del aire y los efectos del cambio climático en las ciudades, el MADS, con el apoyo de la Coalición del Clima y Aire Limpio, CCAC, ha realizado estimaciones preliminares de las emisiones de material particulado y carbono negro en el país. Como se ha mencionado, el transporte terrestre es uno de los principales sectores que aporta emisiones de contaminantes atmosféricos y GEI en las ciudades: para 2014, este sector fue el responsable de 8.348 t/año de $PM_{2,5}$ y 3.720 t/año de carbono negro, de las cuales cerca del 28% son aportadas por el transporte público —buses y microbuses—, lo que ha generado estados de alerta y emergencia a causa de la mala calidad del aire en ciudades como Bogotá y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Según el DNP, en Colombia anualmente mueren alrededor de 10.527 personas a causa de la mala calidad del aire en las ciudades (DNP, 2017a).

Para enfrentar esta problemática y en el marco del derecho constitucional a un ambiente sano, el Ministerio de Ambiente de Colombia ha actualizado la norma de calidad del aire con niveles más estrictos de emisión de contaminantes atmosféricos, bajo un enfoque de gestión preventiva a 2030. Dicha norma entró en vigencia a partir de enero de 2018 y su cumplimiento requiere de un trabajo con múltiples actores y compromisos por parte de los sectores de transporte, industria, comercio, minas, energía y salud. Actualmente, el Gobierno nacional se encuentra en proceso de planeación y formulación de una política de Estado sobre calidad del aire, la cual tiene como objetivo promover el cumplimiento de los estándares de la nueva resolución a nivel intersectorial, que permita reducir las emisiones en las ciudades y minimizar el riesgo sobre la salud humana.

La calidad del aire en Medellín, y de manera general en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, ha sido un aspecto ambiental crítico que las administraciones locales han tenido que enfrentar, dado que

las altas emisiones de material particulado, sumadas a las condiciones meteorológicas y la configuración de valle, favorecen la acumulación de contaminantes y dificultan su remoción. Con el fin de mejorar el estado de la calidad del aire en los municipios de esta jurisdicción, se ha establecido el Plan Integral de Gestión de la Calidad del Aire del Área Metropolitana del Valle de Aburrá 2017-2030, el cual busca ofrecer alternativas que reduzcan la contaminación en una magnitud consistente con los desafíos, a través de un enfoque integral que incluya a diferentes entidades del Estado y sectores de la actividad urbana y productiva relacionados con los procesos que generan contaminantes (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2018).

Esta iniciativa de política pública promueve la mejora de la calidad del aire y la salud en una de las ciudades principales del país y constituye una herramienta para la toma de decisiones informadas, lo que aumenta la eficiencia en el gasto público, así como la calidad de vida de sus habitantes. En línea con lo anterior y con el apoyo de la CCAC, se han desarrollado diferentes actividades de demostración y evaluación de la tecnología de buses eléctricos en Medellín, que permitan descarbonizar el sector y contribuir a la reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos y GEI.

Al igual que en Medellín, la calidad del aire en la capital colombiana ha sido considerada como uno de los principales retos administrativos para la ciudad. En Bogotá, el 10,5% (3.219) del total de las muertes que se presentan son atribuidas a la contaminación del aire exterior, lo que generó costos aproximados de 4,2 billones de pesos, es decir, el 2,5% del PIB de la ciudad para 2015 (DNP, 2017a). Teniendo en cuenta esta problemática, la Secretaría Distrital de Ambiente, SDA, desarrolló en 2011 el Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá, el cual se adoptó como herramienta de planeación a mediano y largo plazo y estableció la hoja de ruta para lograr una reducción efectiva de las emisiones de material particulado en la ciudad, con el objeto de mejorar los indicadores de calidad del aire en todo su territorio. En el marco de este plan, el Distrito Capital ha adelantado acciones significativas que permitan obtener datos confiables para la toma de decisiones, tales como mediciones de CO y HC en estado estacionario para



vehículos a gasolina y gas y mediciones de opacidad para vehículos diésel. Sin embargo, no han sido suficientes para mejorar la calidad del aire de la capital, por lo que en 2017 se realizó una modificación al plan, la cual tuvo como objetivos:

- 🏠 Ampliar las alternativas de reducción de emisiones para las fuentes de contaminación.
- 🏠 Incluir tipos de fuentes y contaminantes no contemplados.
- 🏠 Impulsar la articulación intersectorial.
- 🏠 Fortalecer la educación ambiental y el comportamiento ciudadano.
- 🏠 Vincular co-beneficios en cambio climático en la gestión de la calidad del aire.
- 🏠 Establecer metodologías para la formulación y evaluación de proyectos de reducción de emisiones.
- 🏠 Ajustar la metodología para el seguimiento de los objetivos del plan.

Esta modificación tuvo en cuenta los siguientes aspectos que han limitado el mejoramiento de la calidad del aire en Bogotá (SDA, 2017):

- 🏠 Altas emisiones de contaminantes atmosféricos por fuentes industriales, comerciales, móviles y de resuspensión
- 🏠 Desigualdad en el disfrute de una buena calidad del aire
- 🏠 Debilidad en la articulación interinstitucional para gestionar la calidad del aire
- 🏠 Falencias en la red de monitoreo de la calidad del aire
- 🏠 Poco empoderamiento y participación ciudadana en la problemática de calidad del aire
- 🏠 Métodos de control y seguimiento desactualizados
- 🏠 Niveles bajos de proyectos de reducción de emisiones con co-beneficios en cambio climático
- 🏠 Poca articulación interinstitucional

3.5.2 Movilidad

En el marco de la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono, el país se encuentra promoviendo la implementación de sistemas de transporte público bajos en emisiones, eficientes, asequibles, integrados y modernos. En grandes ciudades como Medellín se han instalado estaciones de carga para vehículos eléctricos, en Bogotá se han adquirido buses híbridos y en ciudades intermedias, como Montería, se han desarrollado sistemas de transporte fluvial de cero emisiones. Lo anterior muestra que las urbes de Colombia se encuentran avanzando en la implementación de alternativas de transporte e infraestructura que mejoren la movilidad y la calidad de vida de sus habitantes.

En cuanto a la participación de los vehículos eléctricos en el parque automotor de las ciudades, desde finales del 2013, el Gobierno nacional a través del Decreto 2909 del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo introdujo un tratamiento preferencial y temporal para vehículos eléctricos, el cual define que durante tres años se reduce el arancel para un lote de 750 vehículos eléctricos –taxis, buses y automóviles– anuales de 35% a 0%. Este incentivo también se extendió a 750 vehículos híbridos a los que se redujo el arancel a 5% del precio FOB –*Freight On Board*–.

También se aprobó la importación, con cero aranceles, de 100 estaciones de carga pública y 1.500 sistemas de carga domiciliaria para hogares. La medida es significativa si se considera que solo cambiando el 25% de la flota de buses de Bogotá a vehículos eléctricos para 2030, se evitarían 1.055 muertes, se ahorrarían 20.200 millones de dólares en combustible y se evitarían 3,6 millones de toneladas equivalentes de CO₂, lo que representaría para Colombia cumplir con el 7% de su NDC (PNUMA, 2016b).





Como alternativa de interconexión de zonas ubicadas en las laderas de las urbes a largas distancias de las estaciones de los sistemas de transporte masivo, se han desarrollado metrocables en ciudades como Bogotá, Medellín y Cali. Este tipo de sistemas han cerrado las brechas sociales y aumentado la equidad de los habitantes urbanos, a partir del desarrollo de infraestructura en transporte baja en emisiones.

Por otra parte, las ciudades colombianas han presentado importantes avances en el desarrollo de

infraestructura para el peatón que promueva el uso de sistemas no motorizados, como es el caso de Bogotá, que cuenta con 392 km de ciclorrutas y donde se realizan aproximadamente 611.000 viajes diarios en bicicleta, lo que posiciona a la capital en el *ranking* latinoamericano de las urbes con mayor infraestructura para el uso de la bicicleta con el 3,8% de la longitud total de sus vías metropolitanas.

Estas acciones desarrolladas por las alcaldías se han complementado con iniciativas de conciencia ciudadana lideradas por la sociedad civil, como Ciclamanga, un proyecto en Bucaramanga que ha transportado a más de 7.500 personas en 15 ciclopaseos oficiales y que educa a los ciudadanos sobre la manera correcta y segura de transitar en bicicleta.

De manera general, las ciudades de Colombia han centrado sus estrategias de movilidad en sistemas de transporte público masivo y desarrollo de infraestructura para la bicicleta. Iniciativas más recientes e innovadoras, pero con poca participación, se enfocan en promover la reducción de viajes a los lugares de trabajo que apunten a disminuir los traslados en vehículos motorizados, otorgando a los empleados incentivos y opciones para desplazarse mediante modalidades distintas. Dentro de estas estrategias se incluyen:

-  Horarios de trabajo alternativos y flexibles
-  Trabajo a distancia o teletrabajo
-  Coordinación e incentivos para viajes compartidos
-  Incentivos económicos para el uso de modalidades alternativas

3.5.3 Infraestructura urbana

Montería es considerada como la sorpresa de las ciudades colombianas. En 2016 fue la ganadora del City Challenge de la WWF por sus acciones para enfrentar el cambio climático y promover la movilidad sostenible y fue destacada, en el Marco de la Conferencia de Naciones Unidas sobre Vivienda y Desarrollo Hábitat III, como una de las diez ciudades más sostenibles del mundo al lado de París, Belo Horizonte, Yakarta y Singapur. En América Latina ocupa el tercer lugar.

El proyecto insignia monteriano es el Parque Ecoturístico Ronda del Sinú, que considera a este importante afluente como eje de desarrollo económico y turístico, permite la conservación de su ronda y además de proporcionar infraestructura para viajes en bicicleta y caminando, es un espacio que promueve la cultura de la ciudad en armonía con los componentes de la estructura ecológica principal. Los costos de la primera fase de este corredor ecológico ascienden a 275.000 millones de pesos (*El Tiempo*, 2016) y vale decir que el éxito de la gestión urbana en Montería radica en la fortaleza de sus instituciones, dado que la visión de sostenibilidad de la ciudad ha sido incluida como eje transversal en la toma de decisiones desde hace más de diez años.

Un proyecto que promueve la infraestructura verde en Bogotá es el Plan Zonal del Norte de Lagos de Torca, Ciudad Lagos de Torca, el cual ya fue reglamentado por medio del Decreto 088 de 2017 que establece la implementación de techos y jardines verticales en todos los tipos de edificación que tenga el proyecto. Iniciativas de esta índole podrían ampliar las zonas verdes de las ciudades, reducir la escorrentía, actuar como sumideros de carbono y, en términos generales, mejorar la calidad de vida de los habitantes urbanos.

Respecto a asentamiento y vivienda, se resalta el caso piloto del barrio Boston de Cartagena, un proyecto urbanístico y arquitectónico para la adaptación de este barrio al cambio climático, que busca cambiar el paradigma donde el agua es considerada como el vertedero de los residuos domésticos e industriales. Cuenta con recursos de la Alcaldía y de la cooperación con la Alianza Clima y Desarrollo, CDKN, que ya ha invertido 5.000 millones de pesos para el desarrollo de estudios de vulnerabilidad climática y obras de infraestructura que protejan al barrio de inundaciones y le permitan construir resiliencia al cambio climático.

En el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, actualmente se localizan 46.567 viviendas en zonas de alto riesgo no mitigable y 133.226 en áreas de protección ambiental, principalmente en la ronda de amortiguación de cuerpos hídricos. Con el fin de reubicar a estas familias y promover la construcción de viviendas sostenibles, la administración local desarrolló la Política Pública de Construcción Sostenible (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015), la cual cuenta con los siguientes ejes estratégicos:

🏠 **Ecoeficiencia:** reducir la incorporación de recursos naturales y la generación de impactos ambientales en el ciclo de vida de los proyectos constructivos, al tiempo que se mantienen o incrementen sus capacidades de resistencia y durabilidad.

🏠 **Resiliencia:** reducir la vulnerabilidad e incrementar la resiliencia y adaptabilidad del ambiente construido frente a los riesgos relacionados con el cambio climático y la variabilidad climática.

🏠 **Integralidad:** promover la articulación físico-espacial y funcional de los sistemas y procesos naturales y construidos en la planeación urbanística, así como en el diseño de espacios abiertos públicos y privados, que permita contribuir a incrementar los ecosistemas conservados, la resiliencia, la habitabilidad y la viabilidad en el desarrollo de planes urbanísticos y proyectos constructivos.

🏠 **Viabilidad:** mantener una alta relación costo-beneficio en todas las estrategias tendientes a incrementar ecoeficiencia, habitabilidad, resiliencia y complejidad en el ambiente construido.

🏠 **Habitabilidad:** promover la comodidad física y mental, así como la seguridad de los usuarios en ambientes interiores y exteriores.



Finalmente y en términos económicos, desde 2009 Findeter ha desembolsado 16,4 billones de pesos en operaciones de crédito que respaldan los planes de acción del Programa Ciudades Sostenibles y Competitivas. Con estos recursos se han financiado 3.747 proyectos en 414 municipios. En infraestructura y transporte se han invertido 4,7 billones de pesos; en vivienda, agua y saneamiento básico, 3,9 billones; en salud y educación, 4,3 billones; en temas energéticos, 2,6 billones; y en innovación y tecnologías de la información y la comunicación, 229.000 millones de pesos (*El Tiempo*, 2017).

3.5.4 Cambio climático

El Proyecto de Resiliencia Urbana y Adaptación al Cambio Climático de la Ciénaga de la Virgen, en Cartagena, representa uno de las iniciativas de adaptación al cambio climático basada en ecosistemas más significativas para la ciudad. Esta ciénaga es una laguna costera que se ubica al norte de Cartagena y está separada del mar por las arenas de La Boquilla. Tiene zonas de manglares, pantanosas y humedales, y se conecta con un sistema de caños y lagunas internas. Aunque no posee costa marítima, la erosión y la modificación de la línea costera en La Boquilla crean amenazas para las viviendas, las instalaciones turísticas y las condiciones ecológicas de conexión de la ciénaga.

Su cuenca rural es la más importante para Cartagena, dado que representa el 80% del área total de drenaje urbano, pero también presenta una grave degradación ambiental, pues no hay tratamiento de los residuos y recibe el 60% de las aguas servidas de la ciudad, lo que provoca que las condiciones de insalubridad y contaminación sean preocupantes y generen gran pérdida de biodiversidad, siendo los manglares los más afectados. Además, el crecimiento urbano no planificado que agrava la situación frente a la disposición y el manejo de los residuos, la explotación de los recursos y el aumento del riesgo y la vulnerabilidad de la población asentada en zonas críticas, se traduce en vulnerabilidad y deterioro de este activo ambiental.






Los avances del proyecto tienen que ver con la construcción de obras en: los canales de drenaje del emisario submarino que ayuda al saneamiento, la bocana de marea estabilizada que aporta agua oceánica y contribuye a diluir los vertimientos sin tratar, y el anillo vial sobre el costado occidental de la ciénaga que aporta en términos de desarrollo urbano.

A pesar de que sus cuerpos de agua le otorgan a Cartagena unos activos ambientales de gran potencial para su espacio público y el desarrollo en sectores como el turismo, los servicios náuticos, el transporte acuático y la pesca, entre otros atractivos, el más reciente informe de Cartagena Cómo



Vamos indica que se ha presentado desinversión en los sistemas de desagüe y más de 85% de los canales no tienen capacidad para llevar aguas residuales. Si estos cuerpos de agua pasaran a ser parte del espacio público, como activo de los ciudadanos, seguramente tendrían una mejor gestión.

En términos de políticas públicas, Cartagena cuenta con el Plan de Adaptación al Cambio Climático o Plan 4C, que representa el primer conjunto de estrategias encaminadas a promover un desarrollo compatible con el clima. Consta de cinco estrategias (Fredrich Ebert Stiftung, 2017):

-  Barrios adaptados al cambio climático
-  Protección del patrimonio histórico
-  Adaptación basada en ecosistemas
-  Turismo comprometido con el cambio climático
-  Puertos e industrias compatibles con el clima

La capital del departamento de Córdoba también ha desarrollado su plan de mitigación y adaptación al cambio climático Montería Ciudad Verde 2019, el cual fue formulado como parte de un compromiso internacional que suscribió la ciudad, en el año 2010, durante la Cumbre Climática Mundial de Alcaldes en México. La importancia de este plan radica en que muestra el rol de peso que las ciudades pueden tener en la construcción de medidas de lucha contra el cambio climático y la relevancia de las alianzas con actores privados y grupos de interés a la hora de desarrollar acciones de mitigación y adaptación (Alcaldía de Montería, 2011).




3.5.5 Ordenamiento territorial y planificación urbana

Montería ha centrado su ordenamiento territorial en torno al río Sinú. De acuerdo con el documento *Plan de acción 2032 Montería sostenible de cara al río Sinú*, la ciudad devuelve la importancia al río para convertirlo en un corredor de inclusión social, articulador del territorio y eje de desarrollo turístico y recuperación ambiental, con capacidad de integrar y dar vitalidad a sus dos márgenes en un proceso de transformación productiva y formación de capital humano, que hace énfasis en el potencial y la vocación de su territorio y con ello busca mejores






condiciones de competitividad (Alcaldía de Montería, 2015).

En términos de ordenamiento territorial, el tercer eje de este plan define al río Sinú como protagonista de las intervenciones físicas en el territorio, representa el punto de partida para conectar los corredores verdes con el sistema de movilidad e integrar las zonas que requieren acciones de mejoramiento con efectos transformadores en lo social y lo espacial (Alcaldía de Montería, 2015).

ONU Hábitat lidera la implementación del Proyecto Logrando las Prioridades del Desarrollo Urbano Sostenible –ASUD, por su sigla en inglés– en tres ciudades colombianas: Santa Marta, Medellín y Bogotá. En Santa Marta, este proyecto tuvo como objetivo apoyar la elaboración de los siguientes instrumentos de planificación urbana (ONU Hábitat, 2015):

-  La formulación de un plan estratégico de ciudad de mediano y largo plazo
-  La revisión del Plan de Ordenamiento Territorial
-  El desarrollo de una estrategia de sensibilización ciudadana enmarcada en la Campaña Urbana Mundial de ONU Hábitat

El proyecto le aportó a Santa Marta una visión de crecimiento ordenado y sostenible, en donde se consideran elementos como:

-  La consolidación de su puerto marítimo
-  El fortalecimiento de su conectividad con otras ciudades de la región y con el centro del país
-  La integración ciudadana basada en la cohesión social y territorial
-  La recuperación de sus fuentes principales de suministro de agua
-  La definición de un modelo de expansión urbana basado en la articulación entre el entorno natural, el desarrollo económico, el espacio público y la vivienda

En Medellín, el proyecto ASUD se enfocó en la implementación de una metodología piloto global para el reajuste de suelos llamada *Participatory and Inclusive Land Readjustment*, PILaR, la cual se concentra en

la gestión del suelo a través de un proceso participativo con resultados incluyentes para luchar contra la inequidad urbana. Este proyecto se desarrolló en el contexto de renovación urbana de La Candelaria, un asentamiento informal de 5,8 hectáreas que es parte de la comuna Córdoba. Su principal resultado fue una propuesta de intervención urbana y redesarrollo del área, a través del instrumento plan parcial, reglamentado por la legislación urbana vigente en Colombia y circunscrito al macroproyecto Río Norte de Medellín.

El resultado más destacado del proyecto ASUD en Bogotá fue la elaboración de una propuesta de intervención urbana integral que contempla planeación, instrumentos urbanísticos y financiamiento, para potenciar el clúster económico del barrio Restrepo y aumentar su competitividad, a partir de la creación de alianzas estratégicas.



4

Conclusiones y recomendaciones

Foto: © Cristian Galvis Galindo



Actualmente las ciudades enfrentan una serie de desafíos que comprometen sus capacidades para proporcionar, en el largo plazo, hábitats seguros y resilientes. La población urbana es altamente vulnerable tanto a riesgos naturales como terremotos y tsunamis, como a riesgos climáticos de tipo antropogénico, como cambios extremos en la temperatura, deslizamientos de tierra e inundaciones, entre otros. Lo anterior sumado a patrones insostenibles de producción y consumo, cambios en el uso del suelo, agotamiento de los recursos naturales y contaminación de las fuentes hídricas, hace de la urbanización uno de los grandes retos que el mundo debe enfrentar. La transición hacia ciudades con bajas emisiones de GEI, eficientes en el uso de recursos y socialmente justas, dependerá, en gran medida, del cambio en los estándares de planificación urbana, los cuales deberán tener en cuenta a las personas antes que a los vehículos, evitar la expansión descontrolada sobre suelo de uso agrícola, y permitir el acceso a oportunidades que ofrecen las ciudades a una mayor cantidad de personas.

Aunque las ciudades son focos de prosperidad y oportunidades, muchas de ellas no están preparadas para los cambios multidimensionales asociados a la urbanización y su convergencia con el cambio climático. El actual modelo de planificación urbana es insostenible, pues concibe una suburbanización de baja densidad, dominada mayormente por el interés privado en lugar del público y parcialmente facilitada por la dependencia del automóvil propio. Esto conlleva un alto consumo de energía que se ve reflejado en más del 70% de emisiones de GEI asociadas al uso de combustibles fósiles, lo cual ubica a las ciudades como principales contribuyentes al cambio climático (Seto, Dhakal, Bigio, Blanco, & Delgado, 2014)

Las ciudades son catalizadoras de soluciones sostenibles y las decisiones que allí se tomen pueden representar una disminución significativa en los índices de pobreza, desigualdad y mejora de la calidad de vida, al proporcionar servicios básicos como saneamiento y recolección de residuos sólidos, así como reducir

las emisiones de GEI. Las acciones que se adelanten en las urbes permitirán avanzar en el cumplimiento de las metas de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible y en el objetivo del Acuerdo de París. Las intervenciones en las ciudades deben estar priorizadas a través del desarrollo de políticas públicas, que aborden temas fundamentales entre los que se destacan: infraestructura, movilidad, salud, educación, conectividad ecológica, capacidad de adaptación y resiliencia climática, gobernanza ciudadana, tecnología, logística y ordenamiento del territorio en torno a la estructura ecológica principal.

Una tendencia de importancia que conlleva el crecimiento urbano, tanto a nivel poblacional como en ocupación del suelo, es el surgimiento y la consolidación de asentamientos informales, en donde se presentan escasez de recursos, pocas oportunidades de empleo, altos niveles de riesgo a desastres naturales y aumento en el índice de desigualdad, entre otros aspectos sociales que dificultan el tránsito hacia asentamientos humanos seguros y sostenibles y que hacen de la planificación de las ciudades, bajo un modelo compacto, un reto del ordenamiento territorial.

Entre los principales retos que las áreas urbanas deben enfrentar se destacan los bajos niveles de provisión de infraestructura, especialmente en saneamiento y conectividad vial entre ciudades; las políticas ineficaces de vivienda y en general inadecuada planificación urbana, que se ve reflejada en una alta proporción de residentes urbanos habitando en barrios vulnerables; la densificación urbana, que trae consigo expansión de las ciudades y aumento en la demanda de transporte; la inadecuada provisión de espacios públicos y espacios verdes; los altos niveles de pobreza, desigualdad y marginalización de grupos diversos; los altos índices de empleo informal; la poca capacidad para prepararse, atender, soportar y recuperarse ante desastres; la disminución de calidad ambiental; la gobernanza débil y el bajo suministro de bienes públicos. Un modelo de desarrollo sostenible en las ciudades debe contemplar el equilibrio entre los retos de desarrollo económico, ambiental



y sociocultural, enmarcados en un sistema de gobierno local caracterizado por profundas participación e inclusión ciudadanas.

🏠 La gran demanda de materias primas para garantizar la integridad de las ciudades excede lo que el planeta puede proporcionar de manera sostenible. Se estima que la cantidad de materia prima para la urbanización pasará de 40.000 millones de toneladas en el 2010 a 90.000 millones de toneladas en el 2050. Igualmente, la expansión de las ciudades amenaza con aumentar la cobertura de suelo urbano de 1 millón de km² a 2,5 millones de km² a 2050 (IRP, 2018). Por esto resulta urgente la adopción de un modelo de urbanización compacto y eficiente en el uso de recursos sin poner en riesgo la cantidad de suelo de uso agrícola, el suministro de alimentos y la integridad de los ecosistemas.

🏠 Es necesario el diseño de políticas públicas integrales con un enfoque territorial y espacial, que permitan avanzar hacia ciudades y asentamientos humanos ambientalmente sostenibles, resilientes, socialmente inclusivos, seguros y mejor conectados. Estas políticas deben favorecer una transición sostenible de las áreas rurales a las ciudades y garantizar una configuración urbana que preserve y extienda la estructura ecológica, teja corredores biológicos a lo largo de su territorio, garantice la disponibilidad de suelo de uso agrícola, reduzca el impacto negativo del desarrollo urbano sobre los ecosistemas y preserve la biodiversidad.

🏠 Si bien en las ciudades se generan más del 70% de GEI asociados al consumo de energía, estas cuentan con el capital necesario para generar soluciones innovadoras de reducción de emisiones de GEI acordes con el contexto local. Además, las soluciones de mitigación del cambio climático generan co-beneficios en múltiples áreas asociadas a movilidad, salud pública y calidad de vida, mediante la reducción de la contaminación del aire, la promoción de estilos de vida saludable, la seguridad vial, la reducción de niveles de ruido, la disminución de distancias y tiempos de viaje, e incluso la cohesión social.

🏠 Es necesario recalcar la importancia de las acciones a nivel urbano para el cumplimiento de las NDC en el marco del Acuerdo de París. Las ciudades tienen autonomía para tomar decisiones en cuanto a la acción climática que frecuentemente son más ambiciosas que las metas nacionales. Esto es relevante, puesto que las NDC, como centro del régimen climático a nivel global, a pesar de constituir un paso significativo en prevenir el cambio climático en niveles peligrosos, no son suficientes para lograr la meta de limitar el calentamiento global por debajo de los 2 °C.

🏠 El crecimiento urbano incontrolado y no planificado aumenta la vulnerabilidad de las ciudades a los impactos del cambio climático. No adelantar acciones para adaptar las ciudades a un clima cambiante no solo compromete la vida de sus habitantes, sino que también conlleva efectos financieros. Gastos inesperados para la atención de eventos climáticos extremos pueden obstaculizar operaciones empresariales y limitar los presupuestos de las ciudades (C40, 2012). Además, si se quiere evitar niveles peligrosos de cambio climático y al mismo tiempo adaptarse a los riesgos existentes, las inversiones en infraestructura deben estar dirigidas hacia opciones bajas en carbono y resilientes al clima. A su vez, la construcción habrá de considerar criterios de eficiencia energética y estar situada en áreas con una mínima exposición a riesgos ambientales (Colenbrander, Lindfield, Lufkin, & Quija, 2018).

🏠 Los múltiples desafíos que las áreas urbanas deben enfrentar –sociales, económicos, ambientales, demográficos y climáticos– se hallan estrechamente interconectados y, por tanto, el desarrollo urbano sostenible requiere de un enfoque integrado que conjugue las medidas de renovación física con prácticas de fomento del desarrollo económico, de inclusión social y de protección ambiental. La colaboración entre los ciudadanos, la sociedad civil y las administraciones públicas en sus distintos niveles constituye un elemento indispensable en este proceso.

🏠 Para superar las brechas de financiamiento en infraestructura resiliente y baja en carbono

se deberán abordar colectivamente las distorsiones fundamentales de los precios, incluyendo los subsidios y la falta de fijación de precios adecuados, especialmente para los combustibles fósiles y el carbono. Esto requiere de un fortalecimiento de los marcos legales y las capacidades institucionales para desarrollar políticas eficaces y establecer condiciones adecuadas de inversión. De esta forma se incentiva la inversión en innovación para reducir drásticamente la contaminación y las emisiones de GEI.

🏠 Remplazar las fuentes de energía a base de combustibles fósiles por nuevos sistemas de energía limpia a gran escala en las ciudades requiere de un alto nivel de innovación, incluyendo nuevas tecnologías para eficiencia energética y gestión de la demanda. Flujos de inversión son necesarios para que las ciudades cuenten con sistemas de interconexión para energías renovables no convencionales, como la energía solar y la eólica, al igual que la construcción de redes inteligentes.

🏠 Transitar hacia las energías renovables en las ciudades contribuye a evitar los riesgos de los grandes activos de carbono y juega un rol fundamental en construir resiliencia. Con el fin de cumplir con la meta global de reducción de GEI, es crítico que las urbes registren su consumo de energía y lo relacionen con las emisiones de GEI provenientes de cada sistema de producción y distribución utilizado; esto podría ayudar a las ciudades a establecer metas de eficiencia e identificar el mecanismo que menos genera impacto al cambio climático, además de aprovechar el potencial que tienen para cumplir con las NDC a nivel nacional.

🏠 La descarbonización del sector transporte supone un reto abrumador para las ciudades, en la medida en que deben atender un crecimiento en la demanda de movilidad, reducir drásticamente las emisiones de GEI y apoyar el desarrollo social y económico. El transporte es pieza fundamental para alcanzar una economía baja en carbono. Lograr la meta de reducción de emisiones de GEI en este sector requiere de una participación de los sectores público, privado y de la sociedad civil que

permita incrementar y fortalecer la voluntad política, generar nuevos patrones de consumo; promover cambios de comportamiento, avanzar en innovaciones tecnológicas y crear ecosistemas de movilidad emergentes y nuevos modelos de negocios. Dadas las interdependencias entre el transporte y otros sectores urbanos, cualquier cambio en este puede generar impactos significativos para toda la ciudad. Para facilitar esta transición, los creadores de políticas públicas deberán considerar un enfoque de manejo de riesgos dentro de los sistemas que explícitamente responda a la interconectividad entre clima, transporte, movilidad, seguridad y equidad, entre otros sectores urbanos relevantes.

🏠 En el escenario de limitar el calentamiento global a 2 °C, la movilidad representa un asunto clave, pues tiene el potencial de mejorar la calidad de vida y el sustento de miles de millones de habitantes urbanos. En contraste, en un escenario BAU, la movilidad puede perpetuar las graves desigualdades en el progreso económico y social de los países, intensificar el uso de combustibles fósiles, degradar los recursos naturales y añadir un mayor número de muertes por accidentes relacionados con el transporte y la contaminación del aire.

🏠 La infraestructura sostenible y resiliente es un imperativo para alcanzar un crecimiento urbano justo y equitativo que responda a los retos climáticos; además, permite cerrar brechas sociales, eliminar la pobreza, proporcionar mayores oportunidades laborales, mejorar la calidad de vida y el acceso a servicios básicos y educación. La infraestructura tiene un profundo impacto en los objetivos climáticos dado que el uso de la capacidad total de la actual está asociado con el 60% de las emisiones de GEI. Se estima que la construcción de infraestructura de las ciudades de rápido crecimiento en los países en desarrollo puede llegar a agotar un tercio del presupuesto de carbono a 2050. El gran reto del desarrollo urbano es lograr frenar las emisiones de GEI mediante construcción baja en carbono, modos alternativos de transporte y mejoras en el diseño y la planificación de las ciudades (Bai, Dawson, & Ürge-Vorsatz, 2018).



🏠 Construir y planificar ciudades inteligentes requiere inversiones en investigación y desarrollo, tecnología, capital humano y social e infraestructura de comunicación, que fomenten un desarrollo económico igualitario, reduzcan la desigualdad, hagan uso eficiente de los recursos naturales, disminuyan emisiones de GEI, aumenten la competitividad, atiendan de manera eficaz los riesgos y generen un alto nivel de calidad de vida para sus habitantes. Una ciudad inteligente convierte los problemas en oportunidades, promueve cambios en el comportamiento de las personas y lleva a restablecer los actuales patrones de producción hacia modelos sostenibles, además de contribuir a mitigar el cambio climático.

🏠 Considerar las ciudades colombianas como parte de un sistema es fundamental para que estas salgan del aislamiento y del escaso intercambio regional y funcional, de tal forma que aprovechen sus mercados potenciales y sus complementariedades, tanto productivas como de provisión de bienes públicos y servicios sociales. En este sentido, la clave se encuentra en romper la visión sectorial en la planificación del territorio y emplear una nueva escala de análisis por aglomeraciones. Dicha escala permite pensar y usar diversos instrumentos y estrategias para aprovechar al máximo las sinergias que puede generar la articulación entre ciudades de variados niveles de desarrollo con estructuras productivas disímiles, así como entre las ciudades y sus zonas rurales cercanas para aumentar la calidad del ambiente y la sostenibilidad del flujo de recursos.


🏠 Las proyecciones poblacionales muestran que para el año 2050 la población colombiana que vivirá en centros urbanos alcanzará 52,6 millones de habitantes, es decir, el 86% de la población total proyectada, lo que llevará a consolidar 68 ciudades con más de 100.000 habitantes y siete con más de un millón. Ello trae consigo presiones por una demanda concentrada por servicios ecosistémicos necesarios para garantizar el bienestar humano, afectaciones sobre el estado y la conectividad de las estructuras ecológicas principales de las ciudades, altos niveles de

contaminación en fuentes hídricas y emisiones de contaminantes atmosféricos que comprometen la calidad de vida de sus habitantes.

🏠 Uno de los grandes retos de las ciudades colombianas es lograr conectar la franja urbana con la rural, al ser componentes del territorio que presentan una fuerte interdependencia y complementariedad y que deben ser considerados dentro de la gestión urbana sostenible. En Colombia, la planificación, el ordenamiento y la administración de las ciudades no ha considerado esta relación de interdependencia, lo que ha ocasionado impactos ambientales sobre el recurso hídrico, el suelo, el aire y la biodiversidad, que sumados a la ausencia de elementos como la vocación y los usos del suelo en sus planes de expansión, ha ampliado su frontera hacia suelos agrícolas y ecosistemas que prestan valiosas funciones de regulación –hídrica, atmosférica, climática, amortiguación de perturbaciones–, de hábitat –refugio, criadero–, de producción –provisión de recursos, alimentos– y de información –cultural, científica, histórica, recreativa–. Dichos servicios ecosistémicos son fundamentales para el bienestar humano y para aumentar la capacidad de las ciudades de recuperarse ante las presiones. Para superar esta realidad, las políticas públicas en materia de urbes deben propender por su desarrollo funcional y armónico, considerando la planificación del sistema de ciudades en coordinación con los determinantes del territorio: la estructura ecológica principal, las relaciones y conexiones entre lo urbano y lo rural y la cultura del territorio.

🏠 Una tendencia que ha caracterizado el proceso de urbanización en Colombia es la migración del campo a la ciudad, la cual se ha dado como resultado de la ausencia de oportunidades en las zonas rurales, la carencia en la prestación de servicios básicos y el desplazamiento forzado interno a causa de grupos al margen de la ley. En el marco del posconflicto, esta tendencia deberá frenarse, disminuyendo la densidad poblacional en áreas urbanas y aumentándola en zonas rurales. Lo anterior se logra en la medida en que se

considere la inclusión social y productiva del campo, se garantice allí la prestación de servicios básicos y se fortalezca la territorialidad de sus habitantes en torno a la gobernanza participativa.

 La urbanización y los cambios en los patrones de asentamiento se reconocen como factores no climáticos que tienen influencia en los componentes que definen la vulnerabilidad al cambio climático –exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación– y pueden considerarse como motores de cambio socio-ecológico a nivel global. Colombia no es ajena a esta realidad, según la *Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*, ocupa el puesto 33 de 180 países en cuanto a riesgo a cambio climático (Ideam, 2017c). Entender este escenario es indispensable para que los planes de ordenamiento territorial y los planes de desarrollo consideren la variable climática como eje transversal y fundamental para la toma de decisiones.



Referencias

Foto: © Cristian Galvis Galindo



- ADB. (2016). *ADB Backs First Climate Bond Asia in Landmark \$225 million Philippines Deal*. Asian Development and Banks News Release.
- Agence France-Presse. (2016). *World's biggest wealth fund excludes 52 coal-bonds*.
- Alcaldía de Montería. (2011). *Plan Maestro de Cambio Climático-Montería Ciudad Verde 2019*. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosMarinosCosterosyRecursosAcuatico/PICC_CIUDAD_VERDE_MONTERIA.pdf.
- Alcaldía de Montería. (16 de abril de 2015). *Plan de acción 2032 Montería sostenible de cara al río Sinú*. Obtenido de <http://www.monteria.gov.co/docs/plan-de-acciones-2032.pdf>.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2015). *Política Pública de Construcción Sostenible: línea base*. Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (27 de abril de 2018). *PIGECA Plan Integral de Gestión de la Calidad del Aire para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá*. Obtenido de <http://www.metropol.gov.co/Pages/pigeca.aspx>.
- Bai, X., Dawson, R., & Ürge-Vorsatz, D. (2018). Six research priorities for cities and climate change. *Nature*, 23-25.
- BBC. (20 de enero de 2016). *Climate Change: 2015 "shattered" global temperature record by wide margin*. Obtenido de BBC News: <http://www.bbc.com/news/science-environment->.
- BID. (2013a). *Biciudades: Un estudio regional acerca del uso de la bicicleta como medio de transporte en América Latina y el Caribe*. American University School of International Service.
- BID. (2013b). *Estrategias de mitigación y métodos para la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector transporte*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- BID. (2015). *Análisis sectorial de transporte y cambio climático*. Obtenido de <http://www.iadb.org/es/oficina-de-evaluacion-y-supervision/cambio-climatico-en-el-sector-transporte,18287.html>.
- BID. (Octubre de 2017). *Presentación Ellis Juan: X Congreso Internacional de Medio Ambiente. Ciénaga de la Virgen: proyecto de resiliencia urbana y adaptación al cambio climático*. Bogotá: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Bogotá Cómo Vamos. (2018). *Propuestas al POT para mejorar la calidad de vida de los bogotanos*. Obtenido de <http://www.bogotacomovamos.org/documentos/propuestas-al-pot-para-mejorar-la-calidad-de-vida-de-los-bogotanos/>.
- Brown, L., & Larsen, J. (2015). *La gran transición: de los combustibles fósiles a la energía solar y eólica*. Washington: Earth Policy Institute.
- C40. (2012). *Why cities? Ending climate change begins in the city*. Recuperado el 2 de mayo de 2018, de <http://www.c40.org/ending-climate-change-begins-in-the-city>.
- C40. (2017). *Deadline 2020*. Obtenido de <http://www.c40.org/researches/deadline-2020>.
- CCAC. (2012). *What a waste: a global review of solid waste management*. Obtenido de Climate and Clean Air Coalition: <http://ccacoalition.org/en/resources/what-waste-global-review-solid-waste-management-urban-development-series-knowledge-papers>.
- CDKN. (2017). *Documento de trabajo: ciudades implementando un desarrollo compatible con el clima en América Latina*. Bogotá: Alianza Clima y Desarrollo.



- CDP. (2013). *CDP Cities 2013: Summary report on 110 global cities*. Obtenido de <https://www.preventionweb.net/publications/view/34943>.
- Cepal. (2008). *Anuario estadístico de América Latina y el Caribe*. Chile: CEPAL.
- Cepal. (2009a). *Indicadores ambientales de América Latina y el Caribe*. Cepal.
- Cepal. (2009b). *Indicadores ambientales de América Latina y el Caribe*. Santiago: Cuadernos Estadísticos.
- Cepal. (2009c). *Urbanización en perspectiva*. Santiago de Chile: Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía, División de Población de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Cepal. (2010). *Objetivos de Desarrollo del milenio: avances en la sostenibilidad ambiental del desarrollo en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Cepal. (2014). *Eficiencia energética y movilidad en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Cepal.
- Cepal. (2016). *Ciencia, tecnología e innovación en la economía digital: la situación de América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Segunda Reunión de la Conferencia de Ciencia, Innovación y TIC de la CEPAL.
- Cepal. (2017). *Informe anual sobre el progreso y los desafíos regionales de la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Cepal.
- Cities Alliance. (2015). *Sustainable Development Goals and Habitat III: Oportunidades for a Successful New Urban Agenda*.
- Clean Air Institute. (2012). *La calidad del aire en América Latina: una visión panorámica*. Washington: Clean Air Institute.
- Climate Bonds Initiative. (2015). *Bonds and Climate Change: the state of the market in 2015*. Londres: Comissioned by HSBC.
- Clos, J. (2016). Introducción: urbanización y desarrollo, futuros emergentes. En *Reporte Ciudades del Mundo*. Nairobi: ONU Hábitat.
- Colenbrander, S., Lindfield, M., Lufkin, J., & Quija. (2018). *Coalition for Urban Transitions*. Londres y Washington, DC.
- Comisión Europea. (2015). *Smart Cities: una apuesta de la Unión Europea para mejorar los servicios públicos urbanos*. España: Comisión Europea.
- Dallman, T., Du, L., & Minjares, R. (2017). *Low-carbon technology pathways for soot-free urban bus fleets in 20 megacities*. International Council on Clean Transportation.
- De la Torre, A., & Fajnzylber, R. (2009). *Desarrollo con menos carbono. Respuesta latinoamericanas al desafío del cambio climático*. Washington: Banco Mundial.
- DNP. (2014a). *Conpes 3819: Política Nacional para Consolidar el Sistema de Ciudades en Colombia*. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.
- DNP. (2014b). *Impactos económicos del cambio climático en Colombia*. Bogotá: Banco Interamericano de Desarrollo, Ideam, Cepal.
- DNP. (2014c). *Misión Sistema de Ciudades: una política nacional para el Sistema de Ciudades con visión a largo plazo*. Bogotá: ONU Hábitat, Banco Mundial.

- DNP. (2014d). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático: marco conceptual y lineamientos*. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.
- DNP. (2017a). *Los costos en la salud asociados a la degradación ambiental en Colombia ascienden a \$20,7 billones*. Obtenido de portal web DNP: [https://www.dnp.gov.co/Paginas/Los-costos-en-la-salud-asociados-a-la-degradaci%C3%B3n-ambiental-en-Colombia-ascienden-a-\\$20,7-billones-.aspx](https://www.dnp.gov.co/Paginas/Los-costos-en-la-salud-asociados-a-la-degradaci%C3%B3n-ambiental-en-Colombia-ascienden-a-$20,7-billones-.aspx).
- DNP. (2017b). *Misión de Crecimiento Verde de Colombia*. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.
- DNP. (2018). *Conpes 3918: Estrategia para la Implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia*. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.
- Duranton, G., & Puga, D. (2004). Micro-foundations of urban agglomeration economies. En *Handbook of urban and regional economies* (Vol. 4, págs. 20-63). World Bank.
- Eberhard, A., Kolker, J., & Leigland, J. (2014). *South Africa's Renewable Energy IPP Procurement Program: Success Factors and Lessons*. Washington D.C: Public-Private Infrastructure Facility, World Bank.
- El Tiempo. (31 de octubre de 2016). *Montería, una de las 10 ciudades más sostenibles del mundo*. Obtenido de El Tiempo: <http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/monteria-una-de-las-10-ciudades-mas-sostenibles-del-mundo-46167>.
- El Tiempo. (9 de agosto de 2017). *Cinco años del modelo de Ciudades Sostenibles en Colombia*. Obtenido de <http://www.eltiempo.com/economia/sectores/impacto-de-proyecto-de-ciudades-sostenibles-en-colombia-117852>.
- European Commission. (2015). *State of the Art on Alternatives Fuels Transport Systems in European Union*. Obtenido de <http://ec.europa.eu/transport/themes/urban/studies/doc/2015-07-alterfuels-transport-syst-in-eu.pdf>.
- Forética. (2017). *Cambio climático y ciudades: la acción de las empresas*. Madrid: Forética.
- Fredrich Ebert Stiftung. (2017). *Ciudades sostenibles en el posconflicto en Colombia: Cartagena, Bogotá, Medellín, Bucaramanga*. Foro Nacional Ambiental.
- Fundación Telefónica. (2011). *Smart Cities: un primer paso hacia la internet de las cosas*. Madrid: Editorial Ariel S.A.
- García, C. (2018). *Panel infraestructura sostenible y resiliente en las ciudades. X Congreso Internacional de Medio Ambiente, el rol de las ciudades en la implementación del Acuerdo de París y el cumplimiento de los ODS*. Bogotá: Centro de Estudios para el Desarrollo Sostenible, CEID Colombia.
- GCEC. (2016). *The Sustainable Infrastructure Imperative: Financing for Better Growth and Development*. Obtenido de The Global Commission on the Economy and Climate: http://newclimateeconomy.report/2016/wp-content/uploads/sites/4/2014/08/NCE_2016Report.pdf.
- Global Footprint Network. (2010). *Ecological Footprint Atlas 2010*. California: Global Footprint Network.
- Guhl, E. (2018). *La gestión integrada del agua y el territorio en la región hídrica de Bogotá*. Bogotá: Sociedad de Mejoras y Ornato de Bogotá.
- ICCT. (2015). *Global climate change mitigation potential from a transition to electric vehicles*. Recuperado el 23 de marzo de 2018, de International Council on Clean Transportation: <http://www.theicct.org/>.
- ICLEI. (2016). *Guía de acción local por el clima*. Sao Paulo: ICLEI, Programa Ciudades Sustentables.
- Ideam. (2015). *Nuevos escenarios de cambio climático para Colombia 2011-2100: nivel nacional-regional, herramientas científicas para la toma de decisiones*. Obtenido de <http://modelos.ideam.gov.co/media/dynamic/escenarios/documento-nacional-departamental-2015.pdf>.



- Ideam. (2017a). *Acciones de adaptación al cambio climático en Colombia: Tercera Comunicación de Cambio Climático en Colombia*. Obtenido de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023734/ACCIONES_DE_ADAPTACION_CC.pdf.
- Ideam. (2017b). *Acciones de mitigación del cambio climático en Colombia*. Obtenido de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023733/ACCIONES_MITIGACION_DEL_CC.pdf.
- Ideam. (2017c). *Análisis de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático en Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. Bogotá: PNUD, MADS, DNP, Cancillería, FMAM.
- IEA. (2017). *Renewables Information 2017 Final Edition: Database Documentation*. Obtenido de International Energy Agency: http://wds.iea.org/wds/pdf/Ren_documentation.pdf.
- Instituto de Estudios Urbanos. (2015). *Debates gobierno urbano: Colombia, el país del siglo XXI*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Urbanos.
- IPCC. (2000). *Informe especial del IPCC: escenarios de emisiones*. OMM y PNUMA.
- IPCC. (2007). *Forzamiento radioactivo neto mundial, potenciales de calentamiento mundial y pautas de forzamiento*. Obtenido de Intergovernmental Panel on Climate Change: https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/tssts-2-5.html.
- IPCC. (2014a). *Cambio climático 2014: impactos, adaptación y vulnerabilidad*. Conclusiones de nivel superior del resumen para responsables de políticas públicas de la contribución del grupo de trabajo II al quinto informe de evaluación Obtenido de: https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/docs/WGIIAR5_SPM_Top_Level_Findings_es.pdf.
- IPCC. (2014b). *Cambio climático 2014: mitigación del cambio climático*. Capítulos 5 y 6.
- IPCC. (2014c). *Quinto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático*. Obtenido de IPCC: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_es.pdf.
- IRENA. (2014). *Renewable Cost Database*. París: IRENA.
- IRP. (2018). *The Weight of Cities: Resource Requirements of Future Urbanization*.
- Iveroth, S., & Vernay, K. (2013). Implications of systems integration at the urban level: the case of Hammarby Sjöstad. *Journal of Cleaner Production*, 48, 220-231.
- KPMG. (2017). *Ciudad 4.0: análisis y perspectivas de las smart cities españolas*. Siemens.
- Kreft, S., Eckstein, D., & Melchior, I. (2017). *Global Climate Risk Index 2017*. Bonn: Germanwatch.
- MADS. (2008). *Política de Gestión Ambiental Urbana*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- MADS. (2012). *Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono, ECDBC*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- MADS. (2017). *Política Nacional de Cambio Climático: documento para tomadores de decisiones*. Colombia: Dirección de Cambio Climático.
- MIER. (2015). *The case for agglomeration economies*. Manchester: Manchester Independent Economic Review.
- Minjares, R. (2015). *Soot-free urban bus fleets*. Johannesburgo: The International Council on Clean Transportation EcoMobility World Festival 2015.

- Naciones Unidas. (2012). *Cómo desarrollar ciudades más resilientes, un manual para líderes de los gobiernos locales*. Ginebra: Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres.
- Naciones Unidas. (2017). *Hacia un planeta sin contaminación*. Informe del director. Nairobi: Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Nature. (2016). *Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 °C*.
- New Climate Economy. (2016). *The sustainable infrastructure imperative: financing for better growth and development*. Obtenido de The Global Commission on the Economy and Climate: http://newclimateeconomy.report/2016/wp-content/uploads/sites/4/2014/08/NCE_2016Report.pdf.
- OCDE. (2012). *Environmental Outlook to 2050. The Consequences of Inaction*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264122246-en>.
- OCDE. (2015). *Aligning Policies for the Transition to a Low-Carbon Economy*. OCDE.
- OMS. (2016a). *Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- OMS. (2016b). *La OMS publica estimaciones nacionales sobre la exposición a la contaminación del aire y sus repercusiones para la salud*. Obtenido de <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/air-pollution-estimates/es/>.
- ONU Ambiente. (2016a). *Movilidad eléctrica: oportunidades para América Latina*.
- ONU Ambiente. (2016b). *Urbanización y desarrollo: futuros emergentes*. Nairobi, Kenia: Reporte Ciudades del Mundo, 2016.
- ONU Hábitat. (2011). *Cities and climate change: global report on human settlements*. Nairobi: ONU Hábitat.
- ONU Hábitat. (2012a). *Estado de las ciudades de América Latina y el Caribe*. Río de Janeiro: ONU-UN-Habitat.
- ONU Hábitat. (2012b). *Informe del Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos*. ONU Hábitat.
- ONU Hábitat. (Noviembre de 2015). *Primer reporte del estado de las ciudades de Colombia: camino hacia la prosperidad urbana*. Bogotá: ONU Hábitat, Agencia Presidencial de Cooperación Internacional de Colombia, Banco de Desarrollo de América Latina.
- ONU Hábitat. (2016). *Nueva Agenda Urbana*. Obtenido de <http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Spanish.pdf>.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2017). *International Transport Forum*. París: Transport Outlook.
- Pérez, U. (2017). *Panel innovación tecnológica para la sostenibilidad urbana*. Bogotá: Centro de Estudios para el Desarrollo Sostenible CEID Colombia.
- PNUMA. (2010). *Wastewater Management in the Caribbean Region: Knowledge, Attitudes and Practice (KAP) Study*. Jamaica: Programa del Medio Ambiente del Caribe (CEP).
- PNUMA. (2016a). *Eficiencia de recursos, factor determinante en la nueva agenda urbana: promoviendo el consumo y la producción sostenible en las ciudades*. PNUMA.
- PNUMA. (2016b). *Movilidad eléctrica: oportunidades para América Latina*. Panamá: Euroclima.

- PNUMA. (2016c). *Movilidad eléctrica: oportunidades para Latinoamérica*. Unión Europea.
- Porter, M. (2001). Regions and the new economics of competition. *Global City Regions: Trends, Theory, Policy*, 139.
- REN21. (2017). *Renewables 2017 Global Status Report*. París.
- Revi, A., & Satterthwaite, F. (2014). Towards transformative adaptation in cities: The IPCC fifth assessment. *Environment and Urbanization*, 11-28.
- Romero, L. (2009). *Issues paper, unpublished background material prepared for the Global Report on Human Settlements 2011*.
- Satterthwaite, D. (2006). *Small urban centres and large villages: the habitat for much of the world's low-income population*. Londres: The Earthscan Reader in Rural-Urban Linkages.
- Schaller, S., Jean-Bapiste, N., & Lehmann, P. (2016). Oportunidades y obstáculos para la adaptación urbana frente al cambio climático en América Latina: casos de la Ciudad de México, Lima y Santiago de Chile. *EURE*, 257-278.
- Sciencemag. (2013). *Quantifying the influence of climate on human conflict*. Obtenido de <http://science.sciencemag.org/content/341/6151/1235367>.
- SDA. (2017). *Documento técnico de soporte modificación del Decreto 98 de 2011*. Bogotá: Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual.
- SDSN. (2017). *Cómo implementar los ODS en las ciudades: un manual introductorio para quienes trabajan en el ámbito del desarrollo urbano sostenible*. German Cooperation.
- Seto, K., Dhakal, S., Bigio, A., Blanco, H., & Delgado, G. (2014). Chapter 12: Human settlements, infrastructure and spatial planning. En *Climate Change 2014: Mitigation of climate change* (págs. 67-76). Climate Working group III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: Cambridge University Press.
- SLOCaT. (2017). *An Actionable Vision of Transport Decarbonization: Implementing the Paris Agreement in a Global Macro-Roadmap Aiming at Net-Zero Emission Transport*. Londres: Paris Process on Mobility and Climate.
- Sustainable Mobility for All. (2017). *Global Mobility Report 2017: Tracking Sector Performance*. Washington: Sustainable Mobility for All.
- Tecnalia. (2015). *Hacia un futuro inteligente: 5 claves para diseñar las smart cities*. Tecnalia.
- Torres, P., & Caicedo, C. (2015). *Las ciudades intermedias con mayor potencial en Colombia: un sistema de identificación*. Bogotá: Banco Interamericano de Desarrollo.
- TURAS. (2017). *Urban Resilience and Sustainability*. Obtenido de <http://www.turas-cities.org/>
- Turok, I. (2011). *Urban employment and the prosperity of cities*. Background paper prepared for State of the World's Cities Report 2012/2013.
- UCCRN. (2015). *Climate Change and Cities: Second assesment report of the Urban Climate Change Research Network*. Nueva York: Urban Climate Change Research Network.
- UN. (2015). *Energía asequible y no contaminante, porqué es importante*. Obtenido de portal ONU: http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/wp-content/uploads/sites/3/2016/10/7_Spanish_Why_it_Matters.pdf.

- UN Habitat. (2011a). *State of the World's Cities 2010/2011: Bridging the Urban Divide*. Obtenido de <http://www.unhabitat.org/pmss/>.
- UN Habitat. (2011b). *The Global Urban Economic Dialogue Series*. Nairobi: The Economic Role of Cities.
- UN Habitat. (2012). *The State of Latin American and Caribbean Cities 2012: Towards a New Urban Transition*. Obtenido de <http://www.citiesalliance.org/sites/citiesalliance.org/files/SOLAC-ProjectOutput.pdf>.
- UN Habitat. (2014). *Planning for climate change: a strategic, values-based approach for urban planners*. Nairobi: Cities and Climate Change Initiative Toll Series.
- UN Habitat. (2017). *Sustainable Urbanization in the Paris Agreement: Comparative Review of Nationally Determined Contributions for Urban Content*. Nairobi: UN Habitat.
- UNDESA. (2010). *World Urbanization Prospects: The 2009 Revision*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Población: <https://esa.un.org/unpd/wup/>.
- UNEP. (2013a). *City level decoupling: urban resource flows and the governance of infrastructure transitions. Summary for policy makers*. Obtenido de http://www.unep.org/resourcepanel/portals/24102/Decoupling/City-Level_Decoupling_Summary.pdf.
- UNEP. (2013b). *Shifting to Resource Efficient Cities: 8 Key Messages for Policy Makers*. Obtenido de UNEP: <http://www.unep.org/resourceefficiency/Portals/24147/scp/REC/1307-GIREC-A4-HD.pdf>.
- UNEP. (2016a). *Actions on Air Quality: Policies & Programmes for Improving Air Quality Around the World*. Nairobi: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- UNEP. (2016b). *Ecología urbana y resiliencia en la Nueva Agenda Urbana*. The Rockefeller Foundation.
- UNEP. (2016c). *Green Finance for Developing Countries*. UNEP Inquiry.
- UNFCCC. (2015). *Acuerdo de París*. Obtenido de https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_spanish_.pdf.
- United Nations. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible, 11, ciudades y comunidades sostenibles*. Obtenido de <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>.
- Urban Climate Change Research Network. (2015). *ARC 3.2 Summary for City Leaders*. Nueva York: Columbia University.
- Villegas Carrasquilla, M., & Peláez Gómez, E. (2016). *Estudio de línea base en las ciudades colombianas, Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Bogotá: Fundación Corona, Red de Ciudades Cómo Vamos y PNUD. Recuperado el 15 de marzo de 2018, de: http://www.fundacioncorona.org.co/#/como_trabajamos/clasificacion_de_iniciativas/iniciativa/ODS.
- Wessels, G., Pardo, C., & Bocarejo, J. (2012). *Bogotá 21: hacia una metrópoli de clase mundial orientada al transporte público*. Bogotá: Scipto.
- WRI. (2015). *Accelerating Building Efficiency, Eight Actions for Urban Leaders*. Obtenido de http://www.wriroscities.org/sites/default/files/16_REP_Accelerating_Building_Efficiency.pdf.
- WRI. (2016). *Climate Data Explorer*. Obtenido de World Resource Institute: <http://cait.wri.org/historical/>.





ANEXOS



La gestión de residuos de construcción como contribución a la reducción del cambio climático y al desarrollo de ciudades sostenibles



Estudio de caso en España

Por Sindy Sofía Suárez Silgado, sindysofia@uan.edu.co, Universidad Antonio Nariño y Universidad Politécnica de Cataluña

Resumen

La industria de la construcción contribuye en gran medida a los impactos medioambientales actuales. Sus impactos se refieren al consumo de materia prima y a la generación de residuos provenientes de las obras constructivas. En su mayoría, dichos residuos no son bien gestionados y por ello se disponen de manera inadecuada en los ríos, cauces y lotes baldíos, con lo que ocasionan la alteración paisajística y la consecuente problemática ambiental, social y política en las ciudades. Por ello es importante y necesario efectuar una buena gestión de los mismos por medio del reciclaje, con el fin de producir nuevos materiales y acabar con la problemática asociada a su generación.

En este trabajo se expone un estudio de caso efectuado en España sobre el reciclaje del yeso proveniente de los residuos de construcción y se comparan los impactos medioambientales con la obtención de yeso natural. Para esto se emplean la metodología de análisis de ciclo de vida y el *software* SimaPro 7.3.3.

Como resultado se tiene que con el reciclaje del yeso se consume solo el 50% de la energía empleada en la obtención del yeso natural y se ahorra el 50% de las emisiones de CO₂ con respecto al yeso extraído de la naturaleza.

Los resultados obtenidos permiten constatar que el reciclaje de los residuos de construcción y demolición es una alternativa de gestión viable para la contribución a la reducción del cambio climático y al desarrollo de ciudades sostenibles.

Palabras claves: residuos, reciclaje, materiales, gestión, cambio climático, ciudades sostenibles.

Problema de investigación

La industria de la construcción es responsable de muchos de los impactos medioambientales actuales. Zabalza Bribián *et al.* (2011) afirma que a nivel mundial, el trabajo civil y la construcción de edificios consumen el 60% de las materias primas extraídas de la litosfera; de este volumen, los edificios representan el 24% de las extracciones globales. Tal consumo de materia prima por parte de la industria de la construcción trae como consecuencia la generación de residuos y el consumo energético asociado a su gestión. Según Solís Guzmán *et al.* (2009), la industria de la construcción genera el 35% de residuos industriales en el mundo. Concretamente en España, se producen 40 millones de toneladas anuales de residuos de construcción y demolición, los cuales representan el 32% del total del volumen de residuos generados (Ortiz *et al.* 2010).

Este tema se hace aún más urgente en los países de América del Sur, ya que la mayoría de las veces dichos residuos no son bien gestionados y por ello se disponen de manera inadecuada en los ríos, cauces y lotes baldíos, contribuyendo así a la alteración paisajística con su consecuente problemática ambiental, social y política. Por esto se debe hacer una buena gestión de los mismos, que incluye la disposición adecuada y, mejor aún, la posibilidad de reciclarlos para ser introducidos nuevamente en la cadena productiva. Todo ello con el fin de reducir el cambio climático y contribuir al desarrollo de ciudades sostenibles. En este trabajo se expone un caso de estudio del reciclaje del yeso en España, donde se muestran las ventajas medioambientales por la reducción de emisiones de CO₂ al reciclar estos residuos.



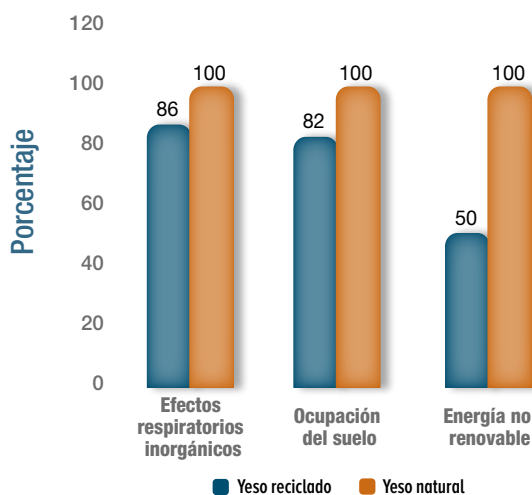
Metodología

Para llevar a cabo esta investigación se empleó la metodología de análisis de ciclo de vida (ACV), la cual está conformada por las siguientes fases:

- ▲ **Definición de objetivos y alcance:** en este estudio se evaluaron los impactos medioambientales de la obtención de yeso a partir de materia prima original y a partir de materia prima reciclada.
- ▲ **Análisis de inventario:** la recopilación de información se realizó a través de fuentes primarias y secundarias. Los datos primarios fueron obtenidos por medio de la consulta a diferentes organismos y asociaciones de España, también se hizo consulta directa con empresas fabricantes de materiales de construcción en España y se visitaron plantas de reciclaje de residuos de construcción y demolición en Cataluña. Los datos secundarios se obtuvieron a través de la lectura de revistas indexadas, proyectos de grado y tesis doctorales, además de la consulta en la base de datos Ecoinvent v 2.2.
- ▲ **Evaluación de impactos:** requirió elegir las categorías de impacto y los métodos de impacto a evaluar (CML 2001 e IMPACT 2002+), así como el uso del *software* SimaPro 7.3.3 (PhD).
- ▲ **Interpretación:** se llevaron a cabo los respectivos análisis y la confrontación de los resultados.

Resultados

Figura 1. Resultados caracterizados del yeso natural y del yeso reciclado (método IMPACT 2002+)

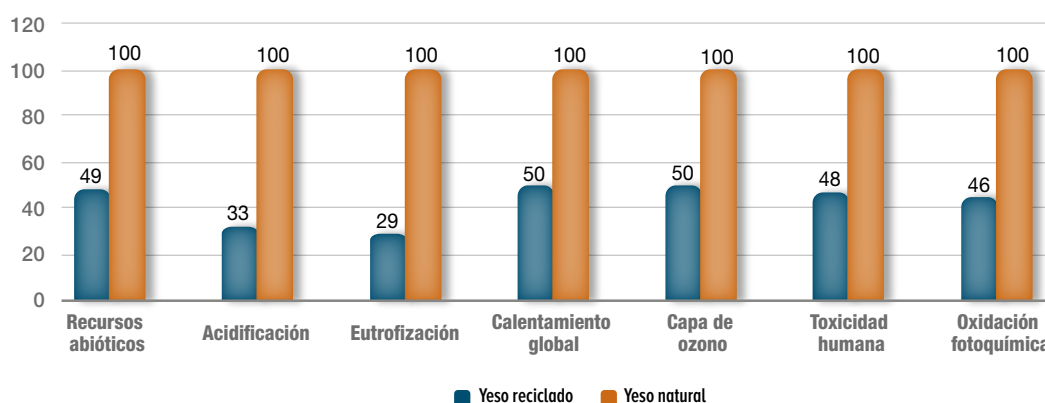


Fuente: elaboración propia

En las figuras 1 y 2 se observa que el reciclaje de los residuos de yeso resulta beneficioso con respecto a la obtención de yeso natural. Los menores impactos debido al reciclaje del yeso se presentan en las categorías eutrofización (29%), acidificación (33%), oxidación fotoquímica (46%), toxicidad humana (48%) y disminución de recursos abióticos (49%).

Finalmente, en ambas figuras es evidente que con el reciclaje del yeso se consume solo el 50% de la energía empleada en la obtención del yeso natural y se ahorra el 50% de las emisiones de CO₂ con respecto al yeso extraído de la naturaleza.

Figura 2. Resultados caracterizados del yeso natural y del yeso reciclado (método CML 2001)



Fuente: elaboración propia

Conclusiones y recomendaciones

- ▲ Con el reciclaje del yeso se ahorra el 50% de las emisiones que contribuyen al calentamiento global.
- ▲ Con el reciclaje del yeso se consume solo el 50% de la energía empleada en la obtención del yeso natural.
- ▲ Teniendo en cuenta los resultados positivos obtenidos en países europeos, sería interesante poder aplicar en América Latina, y más específicamente en Colombia, técnicas de reciclaje de los residuos de construcción y demolición, que permitan —además de acabar con la problemática asociada a su generación— alcanzar grandes ahorros en las emisiones de CO₂ y, por ende, contribuir al desarrollo de ciudades y asentamientos humanos sostenibles.

Referencias

- Zabalza Bribián, Ignacio; Valero Capilla, Antonio y Aranda Usón, Alfonso. (2011). Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and Environment*, 46 (5), 1133-1140.
- Ortiz, O. et al. (2010). Environmental performance of construction waste: Comparing three scenarios from a case study in Catalonia, Spain. *Waste Management*, 30(4), 646-654.
- Solís Guzmán, Jaime; Marrero, Madelyn; Montes Delgado, María Victoria y Ramírez de Arellano, Antonio. (2009). A Spanish Model for Quantification and Management of Construction Waste. *Waste Management* 29(9), 2542-2548.



Diagnóstico fitosanitario de las compensaciones forestales y su relación con las aves en el parque de la Vida

Por Fernanda Parra Buitrago, Karen Ordoñez Castillo, Andrés Arias Ospina y Germán Gómez Marín (LINA. PARRA@edeq.com.co; klordonezc@uqvirtual.edu.co; ANDRES.OSPINA.ARIAS@edeq.com.co)

Empresa de Energía del Quindío, Subgerencia Subestaciones y Líneas, Gestión Ambiental

Universidad del Quindío, Programa de Biología, Armenia, Colombia

Resumen

La Empresa de Energía del Quindío, EDEQ, para prestar un servicio con calidad, seguridad y continuidad, efectúa intervenciones al arbolado que interfiere las redes eléctricas y consecuentemente realiza compensaciones forestales para la conservación de los servicios ecosistémicos. Por consiguiente, el objetivo del presente trabajo es elaborar un diagnóstico fitosanitario de las compensaciones forestales realizadas en el parque de la Vida y su influencia en la avifauna asociada. Fueron evaluados 259 individuos, entre los que se identificaron 60 especies vegetales. Se determinó su estado fitosanitario y aunque se confirmó que estaban en buen estado, fue evidente una fuerte incidencia por daños mecánicos y por *Atta cephalotes*. Se registraron 44 especies de aves asociadas a las compensaciones en seis puntos de observación; esto constituye un aporte importante para la conservación. Se concluye que las compensaciones han traído cambios positivos en la zona, debido a que es fuente de otros trabajos y objetivos de conservación.

Palabras claves: intervenciones, compensaciones, diagnóstico fitosanitario, avifauna.

Problema de investigación

La creciente concentración de población en los centros urbanos presenta importantes retos, no solo para los planificadores urbanos en cuanto a la necesidad de satisfacer la demanda de infraestructura, sino para los gobernantes, quienes deben dar cuenta de políticas públicas orientadas a superar los problemas actuales y velar por que no se detenga la mejora de las condiciones económicas, sociales y

ambientales de los asentamientos humanos [1]. Entre los servicios ecosistémicos que ofrece el arbolado urbano están:

- A. Modificador del microclima:** la vegetación influye en el clima. Al transpirar agua, alterar las velocidades del viento, sombrear superficies y modificar el almacenamiento e intercambio de calor entre superficies urbanas, los árboles afectan el clima local y consecuentemente el confort térmico humano y la calidad del aire [5].
- B. Mejoramiento de la calidad del aire:** los espacios públicos verdes pueden reducir en cierta medida algunos contaminantes presentes en el aire. La contaminación se reduce directamente cuando las partículas de polvo y humo quedan atrapadas en la vegetación. Además, las plantas absorben gases tóxicos, especialmente aquellos originados por los escapes de los vehículos [1].
- C. Reducción de niveles de ruido:** los espacios públicos verdes benefician el ambiente urbano a través de la reducción de contaminación por ruido, principalmente mediante su eliminación a través de la absorción del sonido, por su reflexión hacia la fuente de origen, por la refracción alrededor de un objeto, por la alteración de la dirección a través de su desviación o por el ocultamiento de sonidos no deseados con otros más agradables [6].
- D. Protección de cuencas hidrográficas y control de erosión:** debido a que en el territorio urbano la presencia de concreto permeable o drenaje independiente para agua lluvia suele

ser incipiente, los espacios con presencia de árboles desempeñan un papel importante en la protección de cuencas y microcuencas hidrográficas y se convierten en zonas por donde el agua se puede escurrir hacia el subsuelo, lo cual favorece la captación de agua lluvia para recargar los mantos acuíferos. Estos espacios pueden reducir la velocidad y el volumen de la escorrentía superficial, por lo que evitan la erosión [7].

- E. Mejoramiento del hábitat para la fauna silvestre y la biodiversidad:** los árboles están estrechamente relacionados con la fauna, ya que la proveen de alimento y sitio de anidación, aspecto que hace de los espacios públicos verdes importantes fuentes urbanas de diversidad biológica pues son hábitat para especies vegetales y animales silvestres. También se les asocia la característica de ser ecosistemas de interés, por ofrecer nichos diversos a la fauna mayor y menor [1].
- F. Beneficios sociales:** en un contexto paisajístico y ambiental, la vegetación urbana y los espacios públicos verdes aportan al bienestar físico y mental de la comunidad, con repercusiones directas sobre la salud, la cultura, la

educación, la percepción estética del entorno y la valorización de la propiedad raíz, además de fortalecer la identidad comunitaria y los vínculos de la población con la naturaleza. Proveen una mejor calidad de vida urbana, por lo que resulta fundamental reconocer la función social de estos espacios en una ciudad [1].

Metodología

El parque de la Vida se encuentra ubicado al norte de la ciudad de Armenia, en el departamento del Quindío, y es uno de los espacios verdes más importantes que se conserva al interior de la ciudad, con un área de 15 ha a 1.529 msnm.

Se evaluaron 259 individuos al azar dentro de tres sectores del parque, el sector 1 está localizado hacia la avenida Centenario y vale aclarar que durante un tiempo allí funcionó una cancha de *paintball*. Pertenecientes a las compensaciones forestales de la EDEQ, cada individuo se clasificó a la menor categoría taxonómica posible. Se determinó su estado fitosanitario, donde se estimaron daños físicos mecánicos y bióticos; se calificó de forma alfanumérica el estado como bueno (3), regular (1) o malo (0), siguiendo la metodología estado fitosanitario urbano [9] [10].

Tabla 1. Tipos de daño evaluados

Abreviatura	Tipo de daño
DEFOR	Deformidades en el fuste
HER/CAN	Heridas y canchales
ORIF	Orificios
CLO	Clorosis
DEF	Defoliación
PREHO	Presencia de hongos
PRECON	Presencia de conchuelas
PUL/HOR	Presencia de hormigas o pulgones

Tabla 2. Severidad de los daños

Valoración fitosanitaria		
Rango de severidad de daños		Rango de valoración del individuo
Bueno	3	0-24
Regular	1	
Malo	0	



Además, se hizo un censo de la avifauna asociada a las compensaciones realizadas por la EDEQ, por medio de seis puntos de conteo en dos horarios, mañana de 6:00 a 9:00 a.m. y tarde de 3:00 a 5:00 p.m., teniendo en cuenta los sectores establecidos para el análisis fitosanitario, en los cuales se implementaron dos metodologías, identificación visual y detección auditiva [12] [13]. Para la identificación de las aves se utilizó la *Guía de aves de Colombia* [11].

Resultados

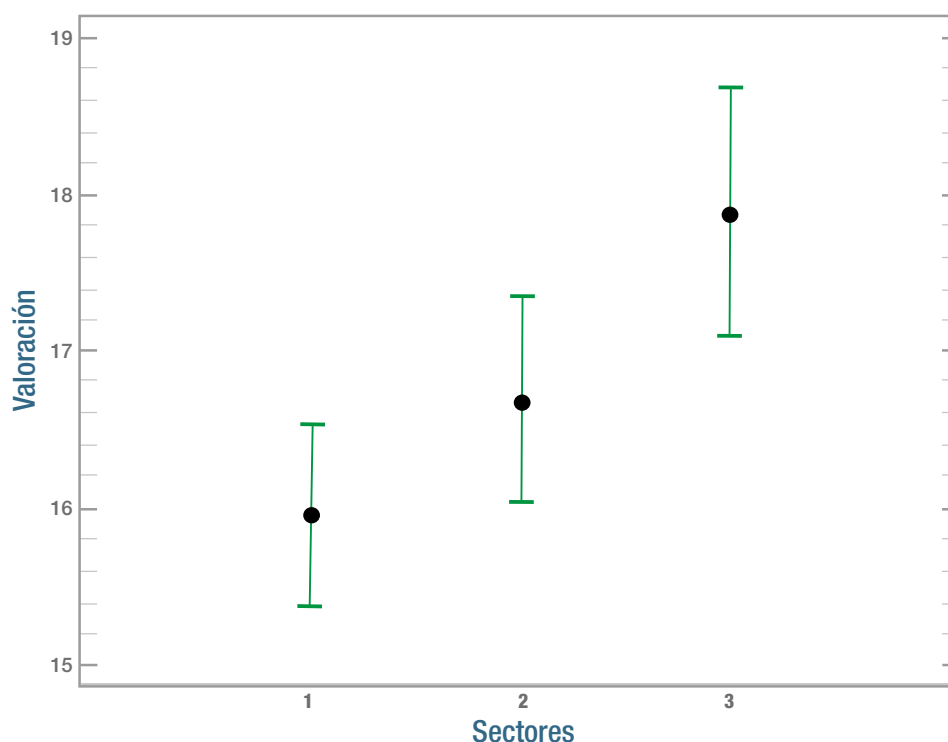
Estado fitosanitario

Se identificaron 60 especies vegetales diferentes pertenecientes a las compensaciones, de las cuales más del 90% son nativas. Se destacan especies con algún grado de amenaza según la UICN, como

Aiphanes lindeniana, *Cedrela odorata*, *Ceroxylon alpinum*, *Juglans neotropica*, *Magnolia hernandezii* y *Swietenia macrophylla*.

Es importante resaltar que estos procesos de restauración no tuvieron un monitoreo continuo, sin embargo, los resultados obtenidos son positivos con respecto al plan de manejo forestal realizado en 2012 [19] para los tres sectores. El promedio de valoración del estado fitosanitario fue mayor a 16, es decir que prevalece el buen estado. Aun así, se evidenció una diferencia significativa entre los sectores 1 y 3, respaldada por el análisis de varianza con un p-valor de 0,022; esta diferencia se debe a que los esfuerzos de mantenimiento se concentran más en el sector 3 por ser uno de los más frecuentados por los visitantes (Figura 1).

Figura 1. Análisis de varianza del estado fitosanitario en cada sector



Por otra parte, se observó que los factores mecánicos con mayor severidad en el arbolado son las heridas y los canchales. Además, el daño biótico que presentó mayor incidencia fue la presencia de pulgones

y hormigas, principalmente *Atta cephalotes* (Figura 2). Dichos problemas están asociados a un manejo inadecuado del arbolado y la falta de cultura ciudadana.

Figura 2. Severidad de los daños en los tres sectores

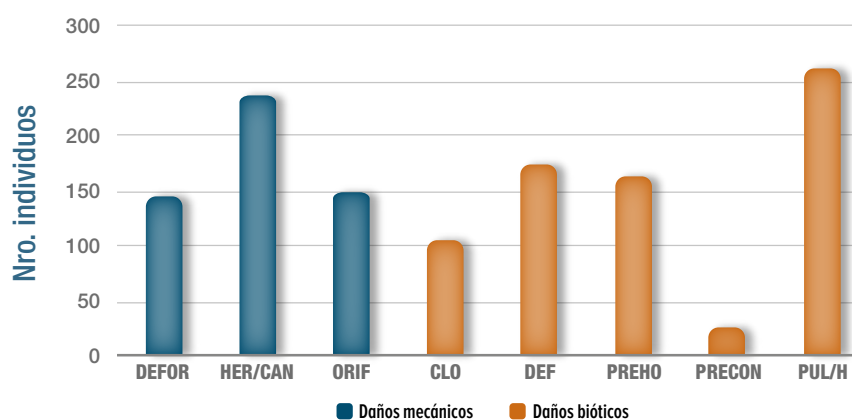


Figura 3. Severidad de los daños en el sector 1

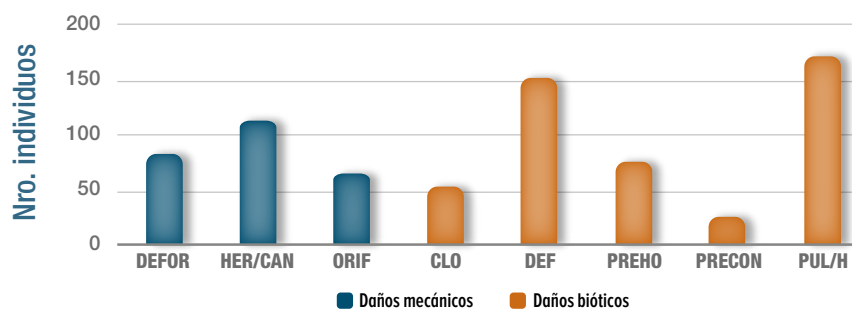
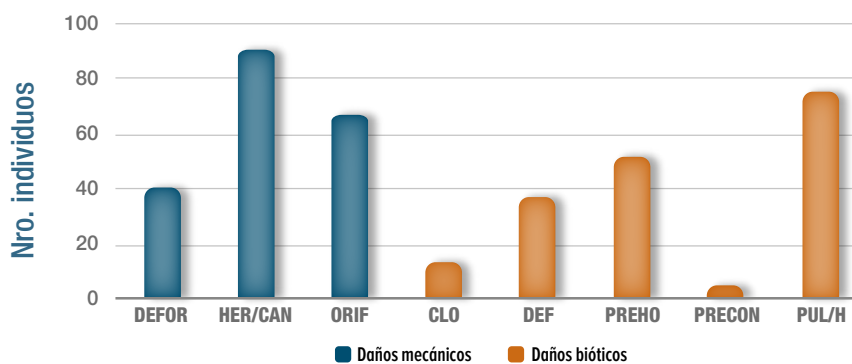


Figura 4. Severidad de los daños en el sector 2



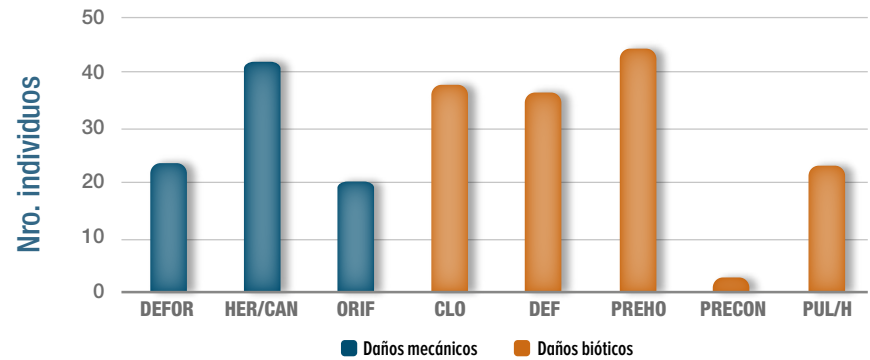
En el sector 1, la incidencia de severidad de daños más alta corresponde a hormigas o pulgones (Figura 3), situación alarmante ya que gran parte de los individuos de este sector presentaron defoliación ocasionada por *Atta cephalotes* (hormiga arriera)

[15]. Esto, aunque ecológicamente en ecosistemas naturales puede traer múltiples beneficios, como el aumento de algunos nutrientes del suelo y materia orgánica, dentro del contexto del arbolado urbano conlleva condiciones hostiles para los árboles, debido

a que los ecosistemas urbanos son más vulnerables ante presiones de este tipo, por lo que el tiempo no es suficiente para que los árboles recuperen su follaje. Además, la construcción de sus nidos genera

inestabilidad en el terreno y la pérdida del follaje vegetal hace que el arbolado pierda uno de sus atributos más importantes.

Figura 5. Severidad de los daños en el sector 3



Se puede evidenciar en el sector 2 (Figura 4) que los daños mecánicos cobran más importancia. Esto puede relacionarse con la inclinación y la inestabilidad del terreno, además de su cercanía con el patinódromo y las canchas de tenis, que ejercen una presión por el uso de esta área como zona recreativa y deportiva.

Finalmente, para el sector 3 se evidenció que la severidad en los daños es menor con respecto a los otros sectores, debido a que el manejo de esta área es más frecuente por los usos recreativos, culturales y de educación que se le dan, además, es el sector con menor densidad de individuos, lo que facilita su manejo y control (Figura 5).

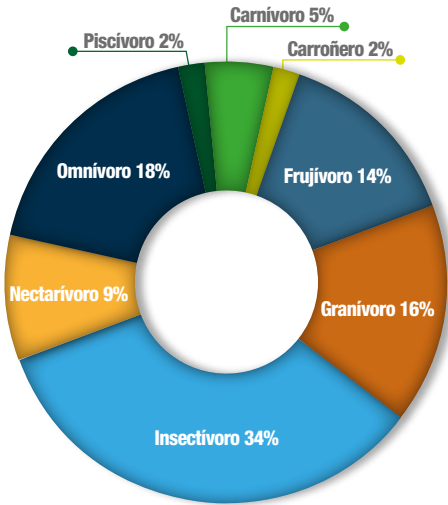
Avifauna asociada

El establecimiento de las especies vegetales ha servido como un atrayente para la avifauna. Es importante resaltar que las aves han sido consideradas como excelentes indicadores biológicos, tanto por el número de especies como por los requerimientos ecológicos específicos, por lo que son utilizadas como bioindicadores de la calidad de los sistemas silvestres y urbanos [14].

En el proceso se han registrado 44 especies de aves pertenecientes a 24 familias, asociadas a las compensaciones forestales, lo cual constituye un aporte importante para la conservación de estas especies. Vale anotar que a pesar de que el aumento de la urbanización ha ocasionado que la avifauna original

disminuya considerablemente, muchas especies han logrado adaptarse a las nuevas condiciones de los ecosistemas urbanos [16].

Figura 6. Número de especies de aves por gremio trófico



Estas especies que se adaptan por lo general tienden a pertenecer a los gremios de aves insectívoras, lo que concuerda con los datos de este trabajo, donde se encontró que el 34% de las especies registradas pertenecen al gremio insectívoro (Figura 6). Esto podría estar relacionado con la presencia de árboles frutales que favorecen su dieta.

El arbolado urbano ha sido una estrategia fundamental para la conservación de la avifauna, ya que este ofrece requerimientos de hábitat para su supervivencia. Entre las aves registradas se encuentra una variedad que incluye especies exóticas introducidas, aves migratorias que residen en determinadas temporadas o que utilizan la ciudad como escala en su ruta migratoria, y especies endémicas o casi endémicas que se han adaptado al entorno urbano [17], entre estas *Picumnus granadensis* y *Tangara vitriolina*, lo que es un buen indicador del proceso de establecimiento y persistencia de las compensaciones forestales.

Conclusiones y recomendaciones

Se concluye que hay cambios positivos para el parque de la Vida debido a la recuperación de zonas que hoy son fuente de otros trabajos, como la construcción de un sendero de orquídeas, proyectos de avistamiento de aves; además, como ejemplo de procesos de restauración y conservación. De igual forma, el manejo inadecuado y la falta de mantenimiento por parte del parque estuvo directamente relacionado con la presencia de *A. cephalotes* en uno de los sectores, siendo este el origen de uno de los daños con mayor incidencia y severidad.

El establecimiento de las compensaciones forestales al interior del parque ha brindado hábitat y alimento para la avifauna urbana, sirviendo como un punto importante de conexión entre los relictos boscosos urbanos de Armenia. Es importante resaltar que el número de especies endémicas no fue alto por tratarse de ecosistemas altamente intervenidos, sin embargo, los esfuerzos de conservación de estos ecosistemas deben aumentarse ya que estas áreas deben ser priorizadas por sus características ecológicas estructurales y funcionales.

Se recomienda hacer un monitoreo frecuente del estado de las compensaciones para establecer qué especies son potenciales para procesos de restauración en ecosistemas urbanos y para tomar medidas en cuanto al manejo del arbolado. También se recomienda realizar un plan de manejo que abarque cada uno de los espacios del parque según su uso, ya que se evidenció que no todas las áreas reciben la misma atención. Además, se propone realizar estudios enfocados en la interacción de la fauna con las compensaciones forestales para determinar la

función y estructura de las comunidades, con el fin de evaluar los servicios ecosistémicos que ofrecen y focalizar los esfuerzos de restauración.

Referencias

- [1] F. Moreno y C. Hoyos, «Guía para el manejo del arbolado urbano en el Valle de Aburrá», Universidad Nacional de Colombia, Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015.
- [2] Empresa de Energía del Quindío, «Declaración de los derechos humanos», Armenia - Quindío, 2015.
- [3] Ministerio de Minas y Energía, «REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE)», Bogotá, 2013.
- [4] Corporación Autónoma Regional del Quindío, «Resolución 440 de marzo 13 del 2014», Armenia - Quindío, 2014.
- [5] G. Heisler, R. Grant, S. Grimmond y C. Souch, «Urban forests cooling our communities? In: Kollin C and Barratt M, » Proc 7th National Urban Forest Conference, Washington DC, 1995.
- [6] M. Sorensen, V. Barzetti, K. Keip y J. Williams, «Manejo de las áreas verdes urbanas», División de Medio Ambiente del Departamento de Desarrollo Sostenible del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 1998.
- [7] J. Dwyer, H. Schroeder y P. Gobster, «The significance of urban trees and forests; Toward a deeper understanding of values», Arboric, 1991.
- [8] Coles, Richard y M. Caserío, «Reporte del Proyecto URGE "Development of Urban Green Spaces to Improve the Quality of Life in Cities and Urban Regions», Unión Europea, 2001.
- [9] CONAF, «Metodología de cálculo del indicador porcentaje de plantaciones del programa de forestación campesina, tipificadas en buen estado, monitoreadas el año 2012», Gerencia Forestal, Departamento de Plantaciones, Chile; Ministerio de Agricultura, 2012.
- [10] C. Vidal, O. Vallejos y M. Ponce, «Protocolo de gestión del arbolado urbano: uso de



- análisis multisensorial para predecir la calidad sanitaria a nivel individual», Proyecto Fondecyt, Chile: Universidad de Talca, 2017.
- [11] M. McMullan, T. Donegan, A. Quevedo, A. Bartels y T. Ellery, «Field Guide to the Birds of Colombia», ProAves, 2015.
- [12] C. Ralph, G. Geupel, P. Pyle y T. Martín, «Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-159», Pacific Southwest Research Station Forest Service, U.S. Department of Agriculture. Albany, CA, 1996.
- [13] D. Hill, M. Fasham, G. Tucker, M. Shewry y Shaw.P, «Handbook of Biodiversity Methods. Survey, Evaluation and Monitoring», Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Cambridge, 2005.
- [14] O. Reyna, A. Cayo y A. González, «Los parques urbanos de Guadalajara y su importancia para las aves», de Propuestas para la Gestión de los Parques en México 2012, Guadalajara, México, Orgánica Editores, 2012, pp. 77-90.
- [15] J. Montoya, P. Chacón y M. Manzano, «Caracterización de nidos de la hormiga arriera, *Atta cephalotes* (Hymenoptera:Myrmicinae)», Revista Colombiana de Entomología, vol. 2, n° 32, pp. 151-158, 2006.
- [16] A. Garitano y P. Gismondi, «Variación de la riqueza y diversidad de la ornitofauna en áreas verdes de las ciudades de La Paz y El Alto (Bolivia)», Ecología en Bolivia, vol. 38, n° 1, pp. 64-78, 2003.
- [17] I. MacGregor-Fors, «Relation between habitat attributes and bird richness in a western Mexico suburb», de Landscape and Urban Planning, Editorial Board, 2008, pp. 92-98.
- [18] C. García, D. Gutiérrez, A. Santiago, R. Villavicencio, S. Toledo, J. Godínez, «Avances al conocimiento de la avifauna asociada al arbolado urbano en dos colonias del municipio de Zapopan, Jalisco» Avances en la investigación científica en el CUCBA, pp. 103-108, 2008.
- [19] Fundación Agua Vida (Fundavid) y Empresa de Energía del Quindío, «Plan de Manejo Forestal Parque de la Vida», Armenia, 2012.

Análisis del desempeño institucional ambiental en la Localidad de Kennedy, periodo 2016, a partir de la información del Observatorio Ciudadano

Por Jairo Andrés Guerrero Mayorga (jguerrero44@unisalle.edu.co), Universidad de La Salle, 2017

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo Analizar el desempeño institucional ambiental en la localidad de Kennedy durante el periodo 2016, a partir de la información del Observatorio Ciudadano. Los observatorios ciudadanos son espacios autónomos de participación ciudadana que ejercen control social en la gestión del gobierno local, partiendo de estándares internacionales reguladores de esta. La ISO 18091 es uno de los estándares y se considera una herramienta que permite entender el gobierno local y la gestión de sus proyectos, junto a la dirección de las actividades gubernamentales para satisfacer las necesidades de la ciudadanía, con el fin de garantizar coherencia y acceso a las políticas públicas a través de iniciativas de gobernanza de gran alcance e impacto. Teniendo como punto de partida el análisis del desempeño institucional en el ámbito ambiental de la localidad octava de la ciudad de Bogotá D.C. y fundamentando en la información suministrada por el Observatorio Ciudadano en el periodo 2016, se dará paso a la selección y clasificación de evidencias, determinando su relevancia ambiental; a la valoración de la gestión institucional de las entidades encargadas de mediar con el desempeño institucional ambiental como la Secretaría Distrital de Ambiente, SDA, la Unidad Administrativa Especial de servicios públicos, Uaespp, y la Alcaldía Local de Kennedy; y, finalmente, a la formulación de lineamientos técnicos de la política pública de participación ciudadana.

Palabras claves: participación ciudadana, Kennedy, ambiente.

Problema de investigación

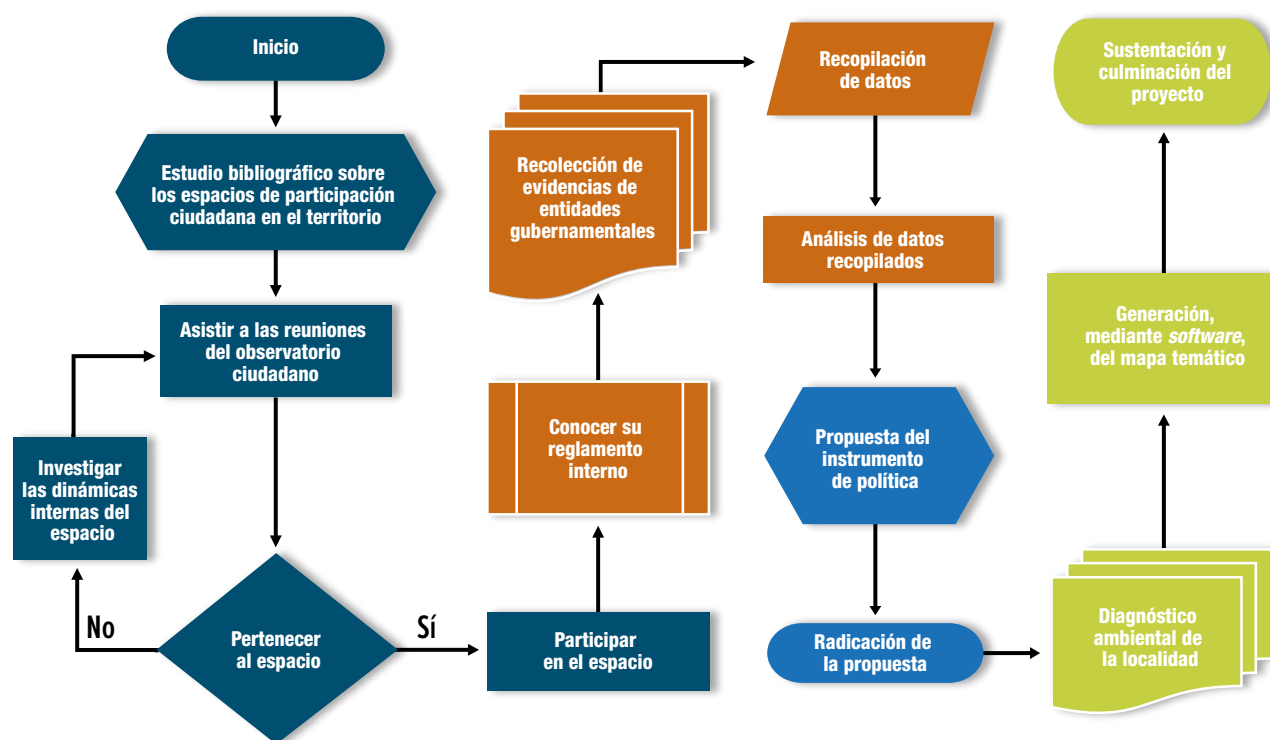
Los observatorios ciudadanos, como espacios de participación ciudadana para el control social de la gestión pública, presentan dificultades técnicas,

económicas y sociales: están compuestos por una insignificante representación poblacional del territorio, no se cuenta con lugares ni con los instrumentos necesarios para realizar las reuniones; además, sus miembros desempeñan un cargo *ad honórem* y carecen de conceptos técnicos —lo que se debe a la ausencia de la participación de profesionales—, no cuentan con recursos para papelería, computador e impresora y la administración local presenta un desinterés en presentar las evidencias. De acuerdo con lo anterior, se planteó como pregunta problema ¿cuál es el desempeño institucional ambiental en la localidad de Kennedy periodo 2016 a partir de la información del Observatorio Ciudadano?

Metodología

Como propuesta metodológica del trabajo que se desarrolla con el Observatorio local de Kennedy, se encuentran actividades como el análisis de las evidencias de la Secretaría Distrital de Ambiente y de la Unidad Administrativa de Servicios Públicos entregadas a los miembros del Observatorio Ciudadano para las mesas de verificación. Además, la metodología incluye algunas actividades a un futuro cercano: una actividad de cartografía social en base a la contaminación ambiental de la localidad y un borrador de la política pública distrital para los observatorios ciudadanos. Lo anterior se ha descrito mediante el diagrama de flujo de la Figura 1.

Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología del proyecto



Fuente: elaboración propia

Resultados

Los resultados obtenidos del Observatorio Ciudadano de Kennedy que se relacionan en la presente investigación corresponden con el ítem 4 de la norma ISO 18091, con base en el eje ambiental de la herramienta, la cual tiene un sistema de calificación otorgada por el observatorio ciudadano. El criterio para dicha calificación está dado por una semaforización donde el color verde significa que la entidad gubernamental presenta toda la evidencia solicitada por la norma; el color naranja expresa una presentación parcial y finalmente el color rojo es la ausencia de información solicitada.

El proyecto se encuentra en desarrollo por lo que los resultados obtenidos anteriormente corresponden a su primera fase metodológica, la cual propone información relevante concerniente al Observatorio Ciudadano y reúne temas como residuos sólidos y peligrosos, contaminación atmosférica, auditiva, de agua y suelo, y normatividad y educación ambiental.

Estos son recogidos de la participación ciudadana por UPZ.

De este modo, los resultados se consideran de acuerdo al ítem cuarto de la ISO 18091 que en sus diferentes numerales refiere su aplicabilidad a la forma en la que el gobierno local de Kennedy propone la gestión y dirección de sus proyectos a fin de satisfacer las necesidades de la ciudadanía, buscando garantizar coherencia y acceso a las políticas públicas a través de iniciativas de gobernanza. Estas últimas son consideradas desde el ejercicio que propone el Observatorio debido a que son decisiones sustentadas de procesos diagnósticos, donde los habitantes definen los problemas y soluciones a considerar.

Los diecisiete indicadores considerados en la ISO 18091 actúan a su vez como instrumento regulador, dada la oportunidad de registrar el desempeño institucional ambiental, que es recogido bajo uno de los cuatro ítems que comprende la norma (el de

desarrollo ambiental sostenible, que involucra el cuidado, la promoción y la protección del medio ambiente local), al ser identificados por colores en una escala de cumplimiento, siendo el verde significado de cumplimiento de las evidencias solicitadas para rectificar el desempeño exitoso de la ISO 18091 en el eje ambiental, a excepción de uno, caracterizado en rojo ya que aún carece de evidencias de cumplimiento al ser un indicador que recoge la normatividad distrital vigente, reconociendo que en la localidad la cultura de cumplimiento normativo no está inmersa en la población y hace difícil su práctica.

Atendiendo a estas consideraciones, el estado actual de las evidencias con respecto al objetivo alcanzado hasta este momento propone que el proyecto ha encontrado una correspondencia directa entre la gestión pública realizada por la Localidad y el componente ambiental, evocando que el desempeño institucional ambiental de las entidades en cuestión se considera factible a la luz de la ISO 18091, al presentar el cumplimiento de 16 de los 17 indicadores seleccionados de la normativa para alcanzar el objetivo de la investigación.

Conclusiones y recomendaciones

El Observatorio Ciudadano permitió identificar el enfoque ambiental que propone la localidad de Kennedy de acuerdo a las evidencias presentadas, en cumplimiento de su función de promoción e implementación de la gestión integral. Siendo productos de la participación ciudadana de la Localidad, pese a que no es una población representativa con respecto al total de habitantes, se consideraron ya que sugieren el proceso de aprendizaje e identificación colectivo que influye en la formulación de las políticas públicas.

El indicador que da cuenta del cumplimiento de la fase 1 en la metodología, referente a la situación actual de la localidad de Kennedy frente al tema ambiental, fue posible delimitarlo desde la oportunidad de correspondencia de la información relevante en temas de interés ambiental, lo que permitió reconocer el concepto de adaptabilidad a los recursos naturales presentes en la ciudad, abriendo paso a que la localidad encuentre su afinidad con sus importantes ecosistemas como humedales y su expansión urbana.

De la herramienta reguladora utilizada para evaluar el desempeño institucional ambiental cabe reconocer la adaptabilidad a los sistemas de gestión de políticas públicas y aún más al considerar el desarrollo sostenible inmerso en los elementos de la ISO 18091. La herramienta permitió identificar los indicadores relacionados con la situación evidenciada en la Localidad para el periodo de 2016, siendo estos respondidos en su mayoría satisfactoriamente.

Finalmente, el ejercicio de análisis del desempeño institucional ambiental tiene como base el desarrollo de la política pública que obedece al diseño y desarrollo de correlaciones de poder de los diversos sectores sociales, a la planificación intelectual por objetivos o política con interacción social y a la participación ciudadana, por lo que estas deben reconocerse como un proceso de aprendizaje colectivo para aumentar la capacidad de resolver problemas, influyendo en la formulación de políticas a través de un proceso de interlocución y comunicación democrática entre sociedad y gobierno, consideradas por la Alcaldía Local desde la participación ciudadana. Para ello son necesarios profesionales capacitados en áreas específicas y en función de sus tareas asignadas en las instituciones.



Determinación de la presencia de Carbosulfán por cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC) en suelos usados para la producción de papa en el municipio de Villapinzón, Cundinamarca



Proyecto en curso

Por Johan Sebastián Silva Valbuena y Laura Liliana Prada Vargas, Ingeniería Ambiental, Universidad de La Salle, Semillero de Investigación en Zona Crítica 2017 (Johannssilva01@unisalle.edu.co; lprada42@unisalle.edu.co)

Resumen

Colombia es uno de los países donde el potencial de desarrollo económico tiene gran soporte en la agricultura, ya que posee dos tercios del total de la tierra apta para producir alimentos en el planeta. Además cuenta con variedad de climas simultáneamente en diferentes regiones del país, lo que permite la producción permanente de muchos cultivos. Sin embargo, esto ha sido reiteradamente descuidado y muy muchas de las zonas aptas se han ido perdiendo (El Universal, 2014), calculadas en 16 millones de hectáreas perdidas. Una de las causas ha sido la poca capacitación que reciben nuestros campesinos; en las áreas rurales colombianas se han llegado a registrar cifras de 18,5% de analfabetismo (Semana, 2012), lo que en pleno siglo XXI es inconcebible. Lo anterior ha ocasionado que, entre otras cosas, se utilicen agroquímicos de forma indiscriminada sin medir las consecuencias.

Tal es el caso del Carbosulfan especialmente en el cultivo de papa en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, el cual, aunque el ICA desde 2014 lo tiene en revaluación agronómica, de salud y ambiental, se comercializa sin ningún tipo de restricción. Debido a lo anterior y conociendo la peligrosidad de la sustancia para los seres humanos, se decidió determinar el destino ambiental del Carbosulfan por medio de pruebas de distribución y establecer las concentraciones de este pesticida en el suelo a través de metodologías de extracción y medición posterior por medio del HPLC, ya que esta información permitirá generar medidas de mitigación a dicho recurso natural. También se utilizarán mecanismos de modelamiento ambiental para generar una herramienta predictiva en suelos

colombianos, ya que el manejo de este tipo de sustancias, por su peligrosidad, es complicado y poder predecir su destino dará lineamientos de gran ayuda a los investigadores.

Palabras claves: agroquímicos, Carbosulfán, concentración, destino, distribución.

Problema de investigación

Al comenzar a indagar acerca de la problemática presente en el municipio de Villapinzón, se apreció que los agricultores de la zona agregan Carbosulfán a los cultivos de papa de forma indiscriminada y ello podría generar problemas de contaminación en el suelo, debido a que se realizó una revisión bibliográfica de este pesticida y se observó que posee un alto grado de toxicidad según la OMS. Además de ello, se debe tener en cuenta que la UMATA no está prestando el servicio de acompañamiento al pequeño productor de la zona y este se guía por sus conocimientos empíricos y lo aconsejado por los distribuidores del agroquímico.

Los agricultores de la zona agregan este agroquímico en temporada de invierno con el fin de eliminar al gusano blanco, la cual es la principal especie invasora de estos cultivos de papa.

Metodología

Este proyecto comprende tres fases. La etapa de inicio, en la cual se seleccionará un cultivo de papa a intervenir; posteriormente, se investigará el historial del cultivo de papa con el fin de analizar los resultados de posibles investigaciones que se han efectuado al



trascorrir de los años y, por consiguiente, se determinará el tipo de pesticida que se va a manejar, para este caso se va a manejar el Carbosulfán. En la ejecución se pretende hacer un muestreo de suelo con la metodología del IGAC, realizar las pruebas fisicoquímicas (CIC, M.O, metales extraíbles, bases intercambiables, DQO) y al terminarlas se hará la extracción de la fase acuosa de las muestras tomadas (suelo impactado con el Carbosulfán, suelo virgen) usando la técnica TCLP; por tanto, se hará la medición de las concentraciones por medio del HPLC, el cual nos proporcionará unas gráficas. En el cierre se analizarán las gráficas mediante regresión lineal para determinar la veracidad del método; con estos análisis se determinará la concentración apropiada para la dosificación de este pesticida en el cultivo y finalizando el proceso, se informará a la comunidad acerca de cuánto volumen de este pesticida debe agregar para obtener un cultivo óptimo pero que no genere impactos negativos en el ambiente y en la salud humana.

Avance de resultados

Este avance implicó la secuencia de tres muestras de suelo intervenido con Carbosulfán y a las cuales se les determinó la capacidad de intercambio catiónico y el porcentaje de materia orgánica.

Muestra 1: se obtuvo 15,15 eq/100g de la capacidad de intercambio catiónico con un porcentaje de materia orgánica del 48,92.

Muestra 2: se obtuvo un 16,23 de capacidad de intercambio catiónico eq/100g y un porcentaje de materia orgánica de 25,07.

Muestra 3: obtuvo un 12,77 de capacidad de intercambio catiónico eq/100g y un 52,39% de materia orgánica.

Lo anterior en cuanto se refiere a las propiedades fisicoquímicas de las muestras de suelo.

Se asistió a una capacitación sobre cómo utilizar el HPLC (cromatografía líquida de alto rendimiento), con el fin de poder efectuar las mediciones de la concentración del Carbosulfán presente en el suelo por medio de este equipo.

Se identificaron los impactos del pesticida en estudio sobre la salud humana, con el fin de cambiar la forma en que los agricultores manipulan esta sustancia.

Conclusiones parciales

- 🏠 Se identificó el proceso de producción del cultivo de papa seleccionado y el estado ambiental del mismo.
- 🏠 Se logró realizar la extracción de cada muestra exitosamente por medio de la técnica de TCLP.
- 🏠 Se determinaron la demanda química de oxígeno (DQO), la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la materia orgánica (MO) de las diferentes muestras.
- 🏠 Se informó al productor sobre los riesgos que puede presentar al aplicar este pesticida sin el uso adecuado del equipo de protección o la dosificación adecuada.

Recomendaciones

Verificar las medidas de protección con el fin de evitar posibles impactos negativos en la salud del agricultor que está manipulando sustancias tóxicas, como los agroquímicos.

Referencias

- ICA. (5 de noviembre de 2014). Obtenido de www.icbf.gov.co.
- González, R. (2013). *Factors controlling the reversible and resistant partition coefficients on soils*. University of Delaware
- Poledníková. (2010). Carbofuran - A New and Effective Method of Illegal Killing of Otters (Lutra lutra) in the Czech Republic. IUCN/SCC Otter Specialist Group Bulletin, 123-166.
- Salud, I. N. (26 de octubre de 2013). *Instituto Nacional de Salud*. Obtenido de www.ins.gov.co.
- Semana. (2012). *Así es la Colombia rural*.
- El Universal. (10 de noviembre de 2014). *En Colombia se pierden 16 millones de hectáreas de tierras para cultivar*.
- Valencia, Y. A., Potosí, S. F., Valencia, E. M. y Bravo, I. (2010). Determination on soils by high performance liquid. *Revista Colombiana de Química*, volumen 39, 359-370.



Diseño y fabricación de un vehículo eléctrico para uso compartido en Bogotá

Por Juan Carlos Mendoza Collazos, Escuela de Diseño Industrial, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia (jcmendozacol@unal.edu.co)

Resumen

Los vehículos eléctricos de uso compartido constituyen una alternativa para disminuir los tiempos de viaje en las ciudades y mitigar la contaminación del aire. En este documento se describe el proceso de diseño y fabricación de un vehículo eléctrico para uso compartido, de carácter público y articulado al sistema integrado de transporte en Bogotá. Fue orientado a la fabricación real de un prototipo bajo una metodología de diseño e ingeniería concurrentes. Los resultados del vehículo concepto permitieron obtener una patente de diseño industrial y se generó una aplicación beta para gestionar el servicio, tomando como caso de estudio el sector de Las Nieves en el centro de Bogotá.

Palabras claves: transporte público, *car-sharing*, vehículos eléctricos, intermodalidad, movilidad sostenible.

Introducción

Esta investigación propone el diseño de un vehículo concepto eléctrico de uso compartido para complementar el Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá, SITP.

Los vehículos de uso compartido constituyen una alternativa para disminuir los tiempos de viaje en la ciudad, enmarcada en el consumo colaborativo y los sistemas de uso compartido. Estos sistemas proponen la transición del valor de la propiedad privada al valor de la propiedad compartida, generando beneficios como la reducción del impacto ambiental negativo, la reducción de los costos asociados y el aumento de la eficiencia de los sistemas humanos, principalmente en las grandes ciudades.

La importancia del diseño del vehículo se deriva de la idea de humanizar el “material rodante” mediante la concepción de un vehículo público que conserva la experiencia del viaje privado. Diseñar y fabricar el prototipo del vehículo también constituye un aporte

al desarrollo tecnológico e industrial del diseño y la ingeniería de producto en Colombia.

El proyecto está estructurado en tres fases: la primera consiste en el diseño y la fabricación del vehículo concepto; la segunda es el desarrollo del sistema de uso compartido a nivel de factibilidad; y la tercera es la implementación de una prueba piloto en campo.

A continuación, se presentan los resultados de la primera fase, que constituye los alcances de la presente investigación y define el estado actual del proyecto.

La noción de vehículo concepto

Los vehículos con los que se inicia un proceso de diseño para producción e introducción al mercado proceden de vehículos que han sido diseñados previamente como conceptos. El proceso de diseño se concentra en adaptar estos conceptos a las condiciones comerciales y normativas que permitirán su circulación. Entre tanto, un vehículo concepto tiene como objetivo la investigación y el desarrollo de nuevas posibilidades tecnológicas, formales y de uso, orientadas a la innovación y la optimización de los vehículos existentes. En el presente trabajo se propone un vehículo concepto, de carácter experimental para mejorar la experiencia de uso y adaptarlo al sistema de uso compartido que se plantea.

El concepto de *car-sharing*

El *car-sharing* (también llamado *short-term auto use* y *share-use car*) y en español, vehículos de uso compartido, es una de las tendencias más fuertes dentro del consumo colaborativo [1]. Es un concepto que cubre muchos tipos de intercambio de vehículos, que se pueden clasificar en tres principales:

- a. Sistemas de *car-sharing* P2P (*peer to peer*): propietarios de vehículos privados alquilan sus vehículos.

- b. Sistemas de *car-sharing* B2C (*business to consumer*): empresas organizadas rentan vehículos.
- c. Sistemas de *car-sharing* Non-Profit/Co-Op (*co-operated*): la flota de vehículos es pública y el sistema es parcialmente subsidiado.

Algunos estudios científicos han medido el impacto de los sistemas de *car-sharing* en el mundo [1]. Destacan que el *car-sharing* reduce el tráfico vehicular, la congestión en las vías, las emisiones tóxicas, la contaminación del aire y los tiempos de viaje.

En cuanto al usuario objetivo, esta investigación propone orientarse a una de las principales causas de los problemas de la movilidad en las urbes: los ciudadanos que utilizan sus carros particulares para viajes rutinarios. El propósito es persuadir a estos usuarios, a través del diseño de un vehículo que conserva la experiencia del viaje privado, para que opten por el *car-sharing* y el transporte público.

Metodología

Para el desarrollo del proyecto se desplegaron metodologías de diseño e ingeniería concurrente, trabajo colaborativo y PLM. El diseño del vehículo fue responsabilidad del equipo investigador de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Por su parte, la fabricación fue realizada por el Centro Industrial de Mantenimiento y Manufactura del Sena Regional Boyacá en la ciudad de Sogamoso. El vehículo diseñado se denominó SEVEN por ser el acrónimo de *Super-compact Electric Vehicle National*.

El proceso de diseño inició con una fase de ideación y generación de propuestas preliminares mediante la bocetación de alternativas para obtener una propuesta base (*key sketch*) sobre la cual pudiera integrarse el diseño de ingeniería (Figura 1).

Para la filtración de las propuestas se realizaron matrices de evaluación de conceptos y un sondeo de preferencias del usuario objetivo respecto a la apariencia del vehículo.

Figura 1. Bocetación para obtener una propuesta base (*key sketch*)

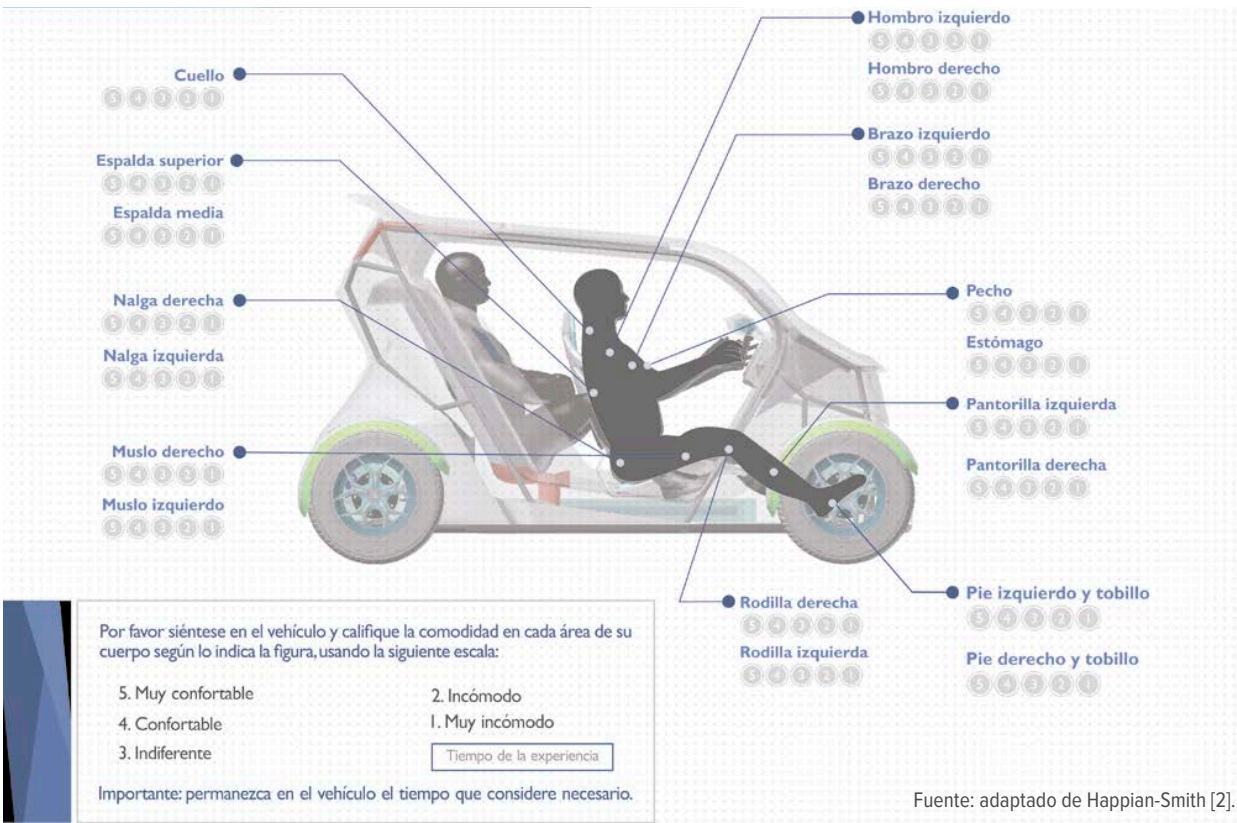


A partir de este concepto, se procedió al modelado digital y la parametrización con fines de fabricación, iniciando el trabajo colaborativo con el Sena. La interacción con el equipo de ingeniería y fabricación permitió resolver aspectos relativos a la factibilidad productiva al mismo tiempo que se refinaba y desarrollaba la propuesta de diseño mediante múltiples iteraciones.

Las comprobaciones de factores humanos se separaron en dos grupos con sus protocolos diferenciados:

estáticas y dinámicas. Las comprobaciones estáticas se refieren a las dimensiones antropométricas, posturales, alcances y campos visuales. Las comprobaciones dinámicas se refieren a las estrategias de ingreso/egreso y el confort postural (Figura 2). Se utilizaron como guía libros y artículos científicos especializados, así como las normas técnicas relacionadas.

Figura 2. Formato de evaluación del confort postural



Resultados

El resultado final del proceso de diseño es el vehículo que aparece en la Figura 3, cuyo concepto principal es conservar la experiencia del viaje privado en un vehículo de transporte público.

El vehículo está conectado con la aplicación que permite acceder al servicio desde el celular. Es un

desarrollo enmarcado en el internet de las cosas para brindar información sobre movilidad estratégica, así como gestionar el servicio.

Se obtuvo la patente de diseño industrial por este desarrollo (*Gaceta SIC* 788 del 31 de marzo de 2017). Se realizó una encuesta para determinar la intención

de uso del sistema de vehículos compartidos y el grado de influencia que tiene el diseño del vehículo en dicha intención. Esta encuesta puede ser consultada en Mendoza-Collazos [3].

El sistema se concibió para desplazamientos cortos, rápidos y seguros en zonas de la ciudad donde

cada vez más se prohibirá el ingreso a carros particulares. Se puede dejar en el punto de destino y conecta con otros modos de transporte (peatonal, bicicleta, masivo, urbano), incentivando así la intermodalidad.

Figura 3. Diseño final del vehículo (patente 788 del 31 de marzo de 2017)



Conclusiones

El diseño de un vehículo para uso compartido se orienta a visibilizar la importancia de humanizar el “material rodante” y propone que las soluciones de los problemas del transporte tengan como punto de partida el usuario cotidiano de los sistemas, quien debe lidiar diariamente con el entorno material que se le ofrece.

El diseño tiene el potencial de modificar actitudes y paradigmas; un diseño atractivo, cómodo y seguro incentiva a usar los vehículos compartidos.

Por su parte, la fabricación del prototipo sirve como ejemplo de las capacidades tecnológicas locales e incentiva la producción industrial ya que genera modelos de fabricación que pueden ser replicados.

En cuanto a la propuesta del servicio, fue resultado del análisis de los principales problemas de movilidad en las ciudades. El sistema de vehículos compartidos está orientado a las zonas de mayor congestión, para desplazamientos cortos que conecten diferentes modos de transporte y liberen estas zonas del alto tráfico vehicular con todas las externalidades positivas que de allí se desprenden.

La selección estratégica de los usuarios principales —como jóvenes ejecutivos que usan el carro privado para sus desplazamientos rutinarios— permitió orientarse a una de las causas más importantes de la congestión en las vías y ofrecer una solución persuasiva para que se trasladen al transporte público. Se consiguió una innovación en la propuesta del servicio al integrar el concepto de uso compartido con el concepto de viaje compartido, lo que aumenta la eficiencia de cada viaje.

Figura 4. Estado actual de fabricación



El trabajo realizado servirá de plataforma para el desarrollo de las etapas de factibilidad e implementación o para inspirar emprendedores privados, pues permite concluir que existe un gran potencial en los vehículos eléctricos de uso compartido para mitigar los principales problemas asociados a la movilidad que aquejan a nuestras ciudades.

Agradecimientos

Agradezco a todos los estudiantes auxiliares y voluntarios que pasaron por el proyecto SEVEN, en especial a los estudiantes que se mantuvieron hasta el final. A los colegas que impulsan estas iniciativas como si fueran sugas con apoyo moral y material, especialmente a Nadia Jiménez, Germán Silva, Gabriel García, Karen Lange, David Puentes y Alfonso Bohórquez. Una mención muy especial de agradecimiento al Centro Industrial de Mantenimiento y Manufactura del Sena Regional Boyacá por dedicar tiempo y esfuerzo a materializar un sueño.

Referencias

- [1] S. Shaheen y A. Cohen, "Carsharing and Personal Vehicle Services: Worldwide Market Developments and Emerging Trends", *International Journal of Sustainable Transportation*, 1 (7), (2013) pp. 5-34.
- [2] J. Happian-Smith (Ed.), "An Introduction to Modern Vehicle Design" Butterworth Heinemann, (2002), pp 233-275.
- [3] J. Mendoza-Collazos (2016). Diseño de vehículo concepto eléctrico súper compacto de uso compartido. Informe final. Sin publicar.

Propuesta de etiquetado vehicular en pro de la eficiencia energética y la reducción de emisiones GEI para Colombia, basada en experiencia internacional

Por María Alejandra Sierra Calderón y Edder Alexander Velandia Durán, Facultad de Ingeniería, Universidad de La Salle, 2017 (alesierrasc@gmail.com, ingeaved@gmail.com)

Resumen

En Colombia, el sector transporte es el mayor consumidor de energía a nivel nacional. Por ello, el etiquetado vehicular a favor de la eficiencia energética y la reducción de emisiones es una necesidad actual en el país. Dado que es importante realizar estudios que permitan aportar a una potencial norma nacional de eficiencia energética y emisiones, el presente estudio presenta una revisión bibliográfica de la experiencia internacional en el etiquetado vehicular de la Comunidad Europea, a nivel específico en España, Alemania y Reino Unido; Norte América, representada por Estados Unidos, y Latinoamérica, por Chile, Uruguay, Brasil y México, así como una revisión del contexto colombiano en lo que respecta a normatividad de emisiones, calidad de combustibles y estado del parque automotor dentro de la normativa legal vigente en Colombia.

Para los años 2015 y 2016, proyectos con cooperación Cepal y WRI comenzaron a apoyar a la UPME para desarrollar esta iniciativa y los investigadores participaron activamente en todos los talleres de desarrollo. El resultado es una etiqueta vehicular de eficiencia energética y reducción de emisiones para vehículos ligeros desarrollada por el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. La propuesta, además de proveer el contenido mínimo de la etiqueta, proporciona recomendaciones a seguir a nivel organizacional y técnico para la inclusión de la misma en el territorio colombiano, amparada por la normatividad legal vigente.

Palabras claves: etiqueta, vehículo, combustible, emisiones, eficiencia energética.

Problema de investigación

Colombia está comprometida con el objetivo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático de contribuir a mitigar sus emisiones de gases de efecto invernadero. Según el Gobierno de Colombia (2015) el país, en su contribución prevista y determinada a nivel nacional, iNDC, se comprometió a reducir el 20% de las emisiones GEI para 2030, tomando como referencia el año 2010. Según la UPME (2015) el sector energético contribuyó con el 36,6% de las emisiones de gases de efecto invernadero en CO₂ equivalente de acuerdo al inventario 2004; este aporte proviene principalmente del sector transporte con un 12,1% del total de las emisiones de GEI. Este sector es el mayor consumidor de energía en el país, en la actualidad representa el 44% de la demanda energética nacional, sumado a que su demanda energética se concentra en el consumo de combustibles fósiles con el 95,1% en 2015.

Debido a que en Colombia no se cuenta con normatividad que dicte los lineamientos para el etiquetado vehicular y legisle el consumo de combustible y las emisiones de CO₂ de los vehículos a motor, es importante realizar estudios que permitan aportar a una potencial norma vehicular de eficiencia energética y emisiones, como lo es el etiquetado vehicular, con el objetivo de promover la eficiencia energética de combustible y la calidad del ambiente.

Metodología

El desarrollo del proyecto comprendió cuatro fases iniciando con una revisión del estado del arte del etiquetado vehicular y la normatividad para el consumo de combustible y emisiones GEI, a la luz de la experiencia internacional en la Unión Europea —España, Reino Unido y Alemania—, Norte América —Estados

Unidos— y América Latina —Chile, Uruguay, Brasil y México—. En la segunda fase se exploró el contexto colombiano en lo que respecta a energía y transporte, la composición del parque vehicular, el mercado automotriz y los combustibles comercializados, así como la calidad de los mismos. Sumado a esto, se realizó un recuento de dos talleres llevados a cabo en Bogotá como parte de las iniciativas del Gobierno para el desarrollo de políticas de etiquetado en el transporte, lideradas por la UPME en representación del Ministerio de Minas y Energía, talleres en los que se participó activamente. Por otro lado, se describió la experiencia colombiana de etiquetado para electrodomésticos como un paso previo a la normatividad de eficiencia energética para vehículos.

Con la información recopilada, se procedió a la tercera fase que consistió en realizar un comparativo de las políticas asociadas con etiquetado vehicular y se consignó una comparación propia realizada a modo de encuesta en distintos concesionarios colombianos, la cual permitió conocer la situación actual en Colombia y la información de consumo de combustible y emisiones GEI disponible para los usuarios a la hora de adquirir un vehículo nuevo. Por último, en la cuarta fase se presentó la propuesta de etiqueta vehicular colombiana: los ítems mínimos que debería contener, las recomendaciones para la elaboración de ciclos de prueba para la determinación de consumo de combustible y emisiones GEI y las recomendaciones para el proceso de implementación en el país a nivel institucional.

Resultados

La etiqueta de eficiencia vehicular colombiana (Figura 1) propuesta para vehículos ligeros, con un peso bruto menor a 3,5 t, con motor de combustión interna (gasolina, diésel, gas natural, híbridos) y con motor eléctrico, contiene la siguiente información:

1. Información del vehículo: marca, modelo, categoría
2. Información de combustible: tipo y norma de emisiones
3. Consumo de combustible: mixto/ciudad/carretera en l/100 km; para los vehículos eléctricos se expresa en kWh/100 km
4. Emisiones de CO₂: g/km; para los vehículos eléctricos se estima en 0 g/km

5. Comparación de eficiencia: puntuación consumo de combustible: de 1 a 10; y puntuación emisiones de CO₂: de 1 a 10;
6. Costo anual de energía
7. Texto aclaratorio
8. Sitio web y código RQ
9. Fecha de elaboración de la etiqueta

Figura 1. Modelo etiqueta vehicular colombiana para vehículos de combustión interna

Conclusiones y recomendaciones

Colombia no cuenta con una política de etiquetado vehicular en pro de la eficiencia energética y la reducción de emisiones GEI, la etiqueta vehicular se considera una medida informativa hacia los usuarios que los persuade hacia la adquisición de vehículos más eficientes y, por ende, menos contaminantes, lo

cual acerca a Colombia a las metas de reducción de emisiones adquiridas en el COP 21.

La inclusión de un etiquetado vehicular en pro de la eficiencia energética y la reducción de emisiones contaminantes promueve un ahorro de combustible a nivel país y a nivel consumidor, y propende además por el mejoramiento de la calidad del aire y por la reducción de gases efecto invernadero. Como resultado, el etiquetado vehicular genera un cambio en la composición del parque vehicular nacional, nuevas culturas entre los usuarios de vehículos, mejores condiciones urbanas y mayor competitividad del país.

La formulación de una política de etiquetado debe ser el resultado de un trabajo intersectorial entre el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, con el fin de impulsar la eficiencia colombiana hacia límites de emisiones más estrictos y un notable mejoramiento de la calidad de los combustibles, que le permitan posicionarse como un país competitivo a nivel internacional.

La etiqueta vehicular para el sector transporte segmento vehículos ligeros es de carácter restrictivo, para lo cual es indispensable la aplicación rigurosa de la normatividad de límites de emisiones, generando así un ambiente de competencia entre los fabricantes que impulsará la inclusión de nuevas y mejores tecnologías en los vehículos.

El desarrollo de una etiqueta vehicular requiere de un compromiso económico gubernamental,

puesto que, con el ánimo de reflejar cifras de consumo de combustible y emisiones reales, es necesaria la incorporación de un centro de homologación vehicular adscrito al Ministerio de Transporte, que cuente con laboratorios de pruebas propios para llevar a cabo el proceso de homologación vehicular. De este modo se garantiza que los valores proporcionados por los fabricantes y consignados en las etiquetas, bien sea por la importación de vehículos o ensamble de los mismos en el territorio nacional, se ajusten a la calidad de los combustibles colombianos.

Dado que los compradores son los receptores finales de la etiqueta, con ánimo de entregar información que se ajuste a la realidad y proteger los derechos del consumidor, es imprescindible realizar un estudio detallado para los ciclos de manejo en altitudes propias de las condiciones geográficas colombianas, que resulten en un valor referencial de aumento de consumo de combustible para diferentes altitudes.

Referencias

Gobierno de Colombia. (2015). *Contribución prevista y determinada a nivel nacional iNDC*. Obtenido de CMNUCC: <http://www.minambiente.gov.co/>.

UPME. (2015). *Colombia: ideario energético 2050*. Obtenido de Plan Energético Nacional: <http://www.upme.gov.co/>.



Cambiar es nuestro arte

Por Jaime Andrés Novoa Novoa, Tecnología de Innovación y Software S.A.S., 2015 (direccion.tis@gmail.com)

Resumen

Cambiar es nuestro arte es un proyecto de inclusión social que busca reducir los impactos ambientales y ayudar al crecimiento económico de un grupo socialmente descuidado y aislado. Se trata de una serie de acciones dirigidas a jóvenes con problemas de drogadicción y en las que se les enseñan teorías, conceptos y criterios ambientales, al tiempo que se impulsa en ellos el desarrollo de habilidades de investigación para crear ideas que aporten en el conocimiento y la creación de elementos, dispositivos o equipos que reduzcan los impactos y efectos ambientales que están contribuyendo al cambio climático; asimismo, a que desarrollen actividades de intercambio cultural donde el arte, la literatura y la música permitan generar conciencia en la sociedad sobre la importancia de realizar un aporte para reducir los efectos del cambio climático.

Palabras claves: economía naranja, drogadicción, cambio climático, pilotaje, ambiente.

Problema de investigación

Se pretende desarrollar la capacidad de crear sistemas preventivos, de control, mitigación, compensación o corrección, que disminuyan los contaminantes generados por emisiones de CO₂, la disposición de lixiviados y la generación de ruido, gases y vapores. De esta manera se permite alargar el ciclo de vida de los residuos y ofrecer alternativas necesarias para reducir sus efectos sobre el ambiente.

Además, se busca que los jóvenes con problemas de drogadicción logren adquirir destrezas y habilidades para desarrollar obras artísticas, literarias o musicales que permitan, por una parte, generar conciencia en las comunidades sobre el desarrollo sostenible y las diferentes acciones que se pueden tomar desde sus hogares para ayudar con la reducción de los impactos ambientales que generan el cambio climático y, a su vez, motivar la reducción y el cambio en los hábitos de consumo de drogas en la población juvenil.

Metodología

- ▲ Convocatoria y conformación de equipos de trabajo (coordinadores, definir alianzas). Búsqueda y vinculación de jóvenes con problemas de drogadicción y desempleados.
- ▲ Capacitación, entrenamiento y educación de jóvenes con problemas de drogadicción que se encuentren desempleados.
- ▲ Adecuación de instalaciones (compra de materiales y equipos). Definir modelo de administración y sinergia de los equipos de investigación.
- ▲ Determinar tres problemáticas ambientales relevantes donde se puedan utilizar elementos, equipos o dispositivos fabricados con materia prima reciclable, o proponer alternativas para reducir el impacto de algún equipo en uso que produzca emisiones de CO₂, ruido, lixiviados, gases y vapores. Además, determinar elementos artísticos, literarios o musicales con los que se ofrezca un uso a los residuos que por sus características físico-químicas no se les tenga definido un proceso de recuperación o reciclado.
- ▲ Definir equipos de trabajo por cada proyecto.
- ▲ Destinar los recursos (informáticos, físicos, financieros, entre otros) y el capital humano para iniciar cada investigación científica.
- ▲ Realizar alianzas con entidades y organizaciones interesadas en los proyectos de investigación científica llevados a cabo para permitir el uso o la experimentación de elementos, equipos y dispositivos.
- ▲ Participar en actividades ciudadanas de carácter artístico, literario o musical donde se puedan mostrar los elementos que se fabriquen con materia prima reciclable (papelería, pancartas, esculturas, cuadros, entre otros).



- ▲ Diseñar planes de emprendimiento con jóvenes que quieran desarrollar empresa con base en los conocimientos adquiridos y la motivación para continuar con actividades inherentes a lo aprendido.
- ▲ Hacer seguimiento a los proyectos de innovación.

Resultados

- ▲ Favorecimiento de una población vulnerable para que brinde herramientas de construcción de comunidad y ciudad.
- ▲ Incentivo a la investigación científica y el plan-teamiento de soluciones a la problemática ambiental actual.
- ▲ Desarrollo de habilidades y conocimientos en temas artísticos, literarios y musicales, para incentivar la económica naranja.
- ▲ Construcción de comunidades sólidas y auto-sostenibles.
- ▲ Apoyo al compromiso hacia la generación de territorios pacíficos, justos y equitativos.

Conclusiones y recomendaciones

Al realizar investigaciones sobre la problemática ambiental ocasionada por los residuos dispuestos inapropiadamente y los potenciales usos que se pueden dar a aquellos que por sus características físico-químicas tienen la posibilidad de reducir impactos significativos en el ambiente por la producción de compuestos volátiles (CO₂) o su impacto en el suelo y las aguas subterráneas, podemos determinar o crear complementos que permitan reducir o capturar este tipo de emisiones y sustancias para generar energías alternativas o elementos con otros usos.

Las organizaciones públicas y privadas que por causa de su actividad económica generen impactos significativos en el ambiente, lograrán reducir, controlar, compensar y/o mitigar estos impactos causantes de daños que inciden en el cambio climático. De manera inherente y progresiva, la comunidad será beneficiada, teniendo en cuenta que el uso de elementos, equipos o dispositivos de control y reducción de emisiones gaseosas, manejo de lixiviados, disminución de ruido y materiales volátiles, permitirá

mejorar algunas patologías que afectan la salud pública y que ocasionan detrimento en las condiciones de salud y bienestar de la comunidad que hace uso de los servicios prestados por las entidades y organizaciones ya mencionadas. Con este proyecto, la generación de emociones o ideas depende del contexto social y el conocimiento que se tiene por cada uno de los integrantes de una comunidad.

En el año 2016 se participó en los premios Latinoamérica Verde, donde se categorizan los 500 mejores proyectos ambientales y sociales. El resultado fue haber obtenido el puesto 311 en el *ranking* general y el puesto 75 en la categoría de desarrollo humano, inclusión social y reducción de la desigualdad.



Referencias

Pato, Ignacio. (2 de julio de 2015). *Solo hay algo peor que la cocaína y heroína: que estén prohibidas*. Disponible en: http://www.playgroundmag.net/noticias/actualidad/Tras_el_grito-narcotrafico-war_on_drugs-Johann_Hari-Chasing_the_scream_0_1564043581.html.



Evaluación de la producción de bioetanol a partir de la celulosa microbiana obtenida por medio de vinaza

Por Alejandra Bernal, Carel Carvajal y Möritz Velásquez, Universidad el Bosque 2016-2017
(abernalt@unbosque.edu.co; carvajalcarel@unbosque.edu.co; mvelasquezri@unbosque.edu.co)

Resumen

La vinaza es un residuo que se produce en la destilación del bioetanol de segunda generación. Se considera como un contaminante por poseer una alta carga orgánica en términos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO), alta turbidez, toxicidad, color y bajo pH, entre otros. El presente estudio se centró en evaluar la producción de etanol a partir de la celulosa bacteriana sintetizada por *Komagataeibacter kakaiceti* GM5 a partir de vinaza. Se determinó que la concentración óptima de celulosa para llevar a cabo el proceso de hidrólisis enzimática fue de 40 U/g, y se procedió a realizar tres tratamientos con celulosa obtenida desde vinaza, desde medio estándar (H&S) y empleando celulosa microcristalina, obteniendo en el tratamiento con celulosa desde vinaza una concentración de azúcares reductores de 3,7 g/L determinados por el método de DNS.

Aunque los azúcares obtenidos en el proceso de hidrólisis enzimática no fueron fermentables, se demostró que en medio estándar (MBL) *Saccharomyces cerevisiae* DSM 2155 produce etanol, alcanzando un rendimiento de 0,36 g etanol/g glucosa; rendimiento considerado como promedio comparado con otras cepas de levaduras, lo que permitiría su uso en la producción de este alcohol cuando se obtengan azúcares fermentables a partir de la hidrólisis de celulosa bacteriana.

Palabras claves: vinaza, celulosa bacteriana, celulosa, etanol, *Komagataeibacter kakaiceti*, *Saccharomyces cerevisiae*.

Problema de investigación

La industria del etanol producido a partir de la fermentación de melaza de caña actualmente tiene un impacto importante a nivel económico y ambiental

en la industria colombiana. Cada mes en el país se producen aproximadamente 36.106.000 litros de bioetanol (Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia, 2016), que se emplea en su mayoría como biocarburante mezclado con gasolina; esto permite el aumento en el porcentaje de oxígeno, lo que genera una mejor oxidación de los hidrocarburos en la gasolina y lleva a la reducción en la emisión de monóxido de carbono y compuestos aromáticos (Nomura *et al.*, 2002).

La producción de etanol en Colombia busca suplir los requerimientos del Decreto 4892 de 2013, que establece que la mezcla de alcohol carburante obligatoria con gasolina motor variará entre el 8% y el 10%, y en forma voluntaria y sin perjuicio de lo señalado sobre mezclas obligatorias, para vehículos con tecnologías Flex Fuel exclusivamente (E25-E85) se permitirá una mezcla flexible de gasolina motor con alcohol carburante entre un 25% y un 85% con base volumétrica (Aguilar, 2011).

Sin embargo, la industria del etanol tiene un gran inconveniente en cuanto a subproductos ya que se obtienen de 10 a 16 litros de vinaza por litro de etanol producido (Alonso Estrada y cols., 2015); este residuo se caracteriza por ser un líquido de color oscuro, puede variar desde marrón o café oscuro hasta negro, con gran contenido de sólidos suspendidos, sabor a malta y olor a miel, alta toxicidad y turbidez (Aristizábal, 2015; Alonso Estrada y cols., 2015; Gandini y Zúñiga, 2013). La vinaza posee un alto potencial contaminante por su bajo pH (4,5), unos valores de DBO entre 7.000 y 20.000 mg/L y unos valores de DQO entre 50.000 y 150.000 mg/L. Además, contiene sales inorgánicas compuestas de sulfatos y fosfatos de calcio, potasio, sodio y magnesio (García y Rojas, 2006).

Por otro lado, este residuo de la producción de etanol tiene una alta agresividad y gran contenido de carga orgánica (Alonso Estrada y cols., 2015). Por

ello, si no se le realizan adecuados manejo y disposición, puede generar un gran impacto en la naturaleza y causar efectos negativos en los cuerpos hídricos, en la biota existente y sobre la salud humana, si es utilizado para consumo (Gandini y Zúñiga, 2013). De igual forma, puede contribuir a la emisión gases efecto invernadero por la descomposición (aerobia y anaerobia) de la materia orgánica que este posee (Clavijo y cols., 2012).

Metodología

Mantenimiento de los microorganismos

Los microorganismos que se emplearon en este estudio corresponden a una cepa de *K. kakaetici* GM5, la cual se mantuvo en Agar HyS a 4 °C, y una cepa de levadura *Saccharomyces cerevisiae* DSM 2155, que se mantuvo en Agar YMA a 4 °C.

Producción y tratamiento de celulosa microbiana

Se adicionaron 4 mL del contenido del inóculo bacteriano a 150 mL de vinaza estéril al 60% y a 150 mL de caldo H&S, luego fueron incubados a 29 °C durante 15 días. La celulosa fue removida de la vinaza por filtración y lavada con agua destilada por 12 h. Posteriormente, fue sometida a purificación durante 6 h con NaOH (0,1 M) y nuevamente lavada con agua destilada 12 h. Por otro lado, la celulosa del caldo H&S fue removida por filtración, lavada con agua destilada por 3 h. Luego fue sometida a purificación durante 2 h con NaOH (0,1 M) y nuevamente lavada con agua destilada por 3 h. Con el propósito de eliminar sustancias y elementos remanentes del medio de cultivo y los microorganismos, la celulosa se secó a 60 °C durante 12 horas.

Hidrólisis enzimática

A muestras de 1 g de celulosa de vinaza al 60% (T1), 1 g de celulosa obtenida del caldo H&S (T2) y 1 g de celulosa microcristalina (T3), se agregó 0,002 g de enzima comercial CEL200 (para una concentración final de 40 U/g o 4 FPU/g) y se llevó a un volumen final de trabajo de 100 mL de Buffer fosfato-citrato ajustado a un pH de 4,6 en erlenmeyers de 250 mL. Este ensayo fue realizado por cuadruplicado y se tuvo como controles negativos el sustrato con 100 mL de Buffer fosfato-citrato ajustado a un pH de 4,6

sin adición de enzima. Los erlenmeyers fueron incubados a una temperatura de 50° C durante 7 días sin agitación. Durante la hidrólisis se recolectaron muestras de 1 mL al inicio y al final del ensayo, con el fin de determinar la cantidad de ATR obtenidos en función de tiempo por medio del método del DNS.

Fermentación alcohólica

Las muestras obtenidas en el punto anterior fueron centrifugadas a 5.000 rpm durante 5 min. Al sobrenadante, se le adicionaron los componentes restantes del medio MLB (sin glucosa) y se llevaron al autoclave. Posteriormente, los erlenmeyers (con un volumen de trabajo de 65 mL) fueron inoculados con 1 mL de un cultivo de *S. cerevisiae* DSM 2155 de 24 h. Se utilizó como control positivo el medio MLB con una concentración de glucosa de 4 g/L (CP) y como control negativo (CN), los medios a los que en el punto anterior no se les adicionó enzima. Este ensayo fue incubado a 30°C con una agitación de 130 rpm por 20 h. Cada 4 h se determinaron los ATR por el método de DNS o la glucosa por HPLC (Yuan y Chen, 1999) y el etanol producido por HPLC (Ramachandriya *et al.*, 2013).

Resultados

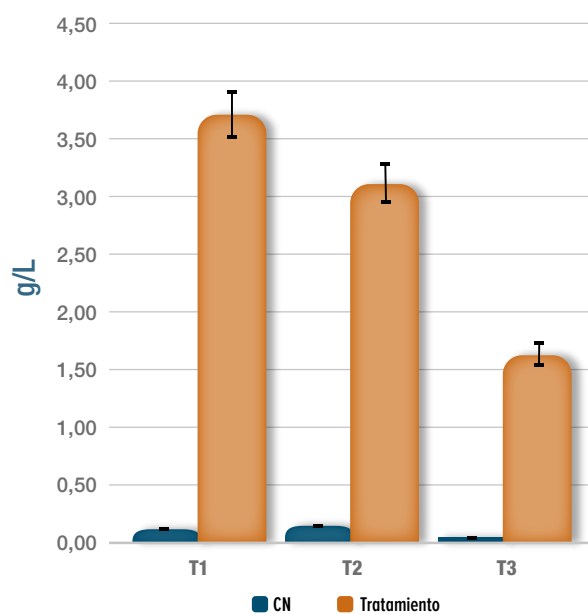
Hidrólisis enzimática

La concentración de ATR obtenidos en el proceso de hidrólisis enzimática en un periodo de 7 días de cada una de las celulosas objeto de estudio, se muestra en la Figura 1. En cada uno de los tratamientos se obtuvieron ATR, evidenciando variaciones estadísticamente significativas entre los tres tratamientos ($P < 0,05$). En el T1 y el T2, se observaron las más altas concentraciones de ATR: 3,7 g/L y 3,1 g/L respectivamente; por lo anterior, fueron comparados en el último día de hidrólisis enzimática, presentando diferencias estadísticamente no significativas ($P > 0,05$). Además, se compararon los tratamientos con sus respectivos controles negativos (CN) evidenciando diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$).

Así mismo, se puede observar que en T1 (37,1%) y en T2 (30,6%) se obtuvieron los mejores rendimientos en el proceso de hidrólisis enzimática frente a T3 (16,4%), superándolo en 20,7% y 14,2%, respectivamente (Figura 2).

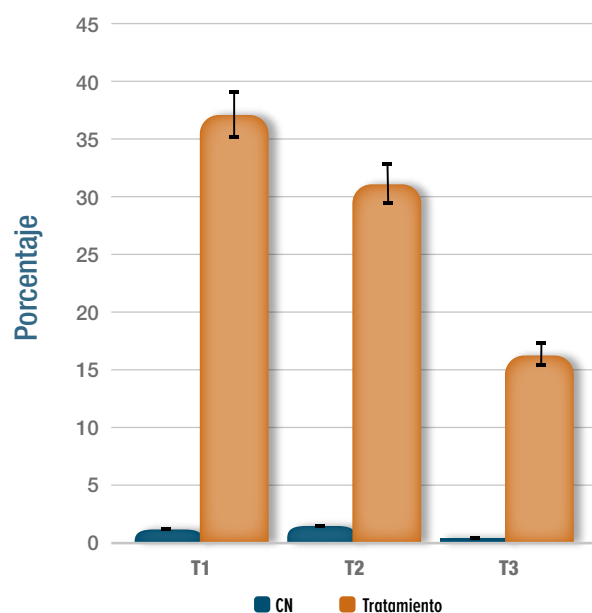


Figura 1. Azúcares totales reductores (ATR) obtenidos en la hidrólisis enzimática



Tratamientos: T1 (celulosa obtenida de vinaza con concentración de 40 U/g), T2 (celulosa obtenida de caldo H&S con concentración de 40 U/g) y T3 (celulosa microcristalina con concentración de 40 U/g).

Figura 2. Rendimiento de azúcares totales reductores (ATR) obtenidos en la hidrólisis enzimática



Tratamientos: T1 (celulosa obtenida de vinaza con concentración de 40 U/g), T2 (celulosa obtenida de caldo H&S con concentración de 40 U/g) y T3 (celulosa microcristalina con concentración de 40 U/g).

Fermentación alcohólica

Se comparó la concentración de ATR de cada uno de los tratamientos durante el proceso de fermentación (se tomaron muestras a intervalos de 8 h desde la hora 0), evidenciando que en el T1 se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) al comparar la hora 0 con las otras horas; en el T2 las horas 0 y 8 no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) al igual que las horas 8 y 16; en el T3 no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) en las horas evaluadas y finalmente, el CP presentó diferencias estadísticamente significativas en cada una de las horas del proceso ($P < 0,05$). Además, Se compararon

los tratamientos y el CP con sus respectivos controles negativos (CN) evidenciando diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$).

La concentración de glucosa y etanol obtenido por la técnica de HPLC en cada uno de los tratamientos se presenta en la Tabla 1, donde se aprecia que las concentraciones de estas dos sustancias estuvieron por debajo del límite de detección del equipo. Por otro lado, en el CP se observó que casi toda la glucosa presente en el medio fue consumida para la hora 16 (quedando un remanente de 0,06 g/L de glucosa), alcanzando en la misma hora la mayor producción de etanol que fue de 1,59 g/L, lo que equivale a un rendimiento del 36%.

Tabla 1. Promedio de la concentración de glucosa y etanol determinada por medio de HPLC en los diferentes tratamientos durante un periodo de 20 h

Tratamiento	Glucosa (g/L)	Etanol (g/L)	ATR (g/L)
T1	<0,1	<0,1	2,23
T2	<0,1	<0,1	1,79
T3	<0,1	<0,1	0,78

Conclusiones y recomendaciones

La concentración de 40 U/g de celulosa (CEL 200) fue considerada como la concentración de trabajo óptima. El pretratamiento de la celulosa es fundamental para disminuir la cantidad de sustancias inhibitorias como el ácido acético, el cual puede quedar adsorbido en la celulosa bacteriana por un ineficiente pretratamiento de la misma y la producción de etanol a partir de la celulosa bacteriana previamente sintetizada a partir de vinaza podría llegar a ser bastante eficiente, ya que al realizar la hidrólisis con una enzima o proceso(s) que permita(n) la degradación de la celulosa bacteriana hasta glucosa, se podría(n) obtener unos rendimientos promedio de etanol al igual que lo evidenciado en el medio estándar con la cepa de levadura evaluada.

Bibliografía

Aguilar Valencia, D. M. (2011). *Producción de etanol a partir de bagazo de caña panelera mediante un sistema híbrido de fermentación y pervaporación*. Tesis de doctorado. Manizales: Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales.

Alonso Estrada, D., Garrido Carralero, N., Pérez Ones, O. y Cárdenas, L. Z. (2015). Alternativas tecnológicas para reducir el efecto ambiental de las vinazas de la industria alcohólica. *ICIDCA: sobre los derivados de la caña de azúcar*, 49(2), 44-49.

Aristizábal, C. (2015). Caracterización físico-química de una vinaza resultante de la producción de alcohol de una industria licorera, a partir del aprovechamiento de la caña de azúcar. *Ing. USBMed*, 36-41.

Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia. (18 de septiembre de 2016). *Producción y venta de alcohol carburante (etanol)*. Obtenido de fedebiocombustibles: [http://www.fedebiocombustibles.com/v3/esta-distica-produccion-titulo-Alcohol_Carburante_\(Etanol\).htm](http://www.fedebiocombustibles.com/v3/esta-distica-produccion-titulo-Alcohol_Carburante_(Etanol).htm).

Gandini, M. y Zúñiga, V. (2013). Caracterización ambiental de las vinazas de residuos de caña de azúcar resultantes de la producción de etanol. *Dyna*, 124-131.



- García, A. y Rojas, C. (2006). Posibilidades de uso de la vinaza en la agricultura de acuerdo con su modo de acción en los suelos. *Nota Técnica Técnicaña*, 3-13.
- Nomura, M., Bin, T. y Nakao, S.-i. (2002). Selective ethanol extraction from fermentation broth using a silicalite membrane. *Separation and Purification Technology*, 59-66.
- Rabemanolontsoa, H. y Saka, S. (2016). Various pretreatments of lignocellulosics. *Bioresource technology*, 199, 83-91.
- Ramachandriya, K. D., Wilkins, M., Atiyeh, H. K., Dunford, N. T. y Hiziroglu, S. (2013). Effect of high dry solids loading on enzymatic hydrolysis of acid bisulfite pretreated Eastern redcedar. *Bioresource technology*, 147, 168-176.
- Ramachandriya, K. D., Dunford, N. T., Atiyeh, H. K., Hiziroglu, S. y Wilkins, M. R. (2014). Influence of Eastern redcedar oil on enzymatic hydrolysis of microcrystalline cellulose and *Saccharomyces cerevisiae* fermentations. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 3(4), 177-180.
- Yuan, J. P. y Chen, F. (1999). Simultaneous separation and determination of sugars, ascorbic acid and furanic compounds by HPLC-dual detection. *Food Chemistry*, 64(3), 423-427.

Evaluación de la calidad del aire en Patio Bonito, Colombia

Por Diego Alexander Parra Sánchez, Máster en Estudios Ambientales, Universidade De Aveiro, Portugal, 2017
(diegoparra10@hotmail.com)

Resumen

La fabricación de ladrillos genera un efecto en la calidad del aire y la salud de las comunidades circundantes de este tipo de industria. En el municipio de Nemocón, localidad rural de Patio Bonito, la mayoría de pequeñas ladrilleras utilizan técnicas artesanales para la fabricación de diferentes ladrillos. El área de fabricación consta normalmente de un horno rudimentario (fuego dormido) y una parcela de tierra conocida como “chircal”. El combustible principal utilizado en esta actividad es el carbón.

El presente trabajo caracterizó la calidad del aire de Patio Bonito, teniendo en cuenta el masivo crecimiento de la actividad en esta localidad, evaluando el material particulado PM_{10} , el cual es uno de los contaminantes más críticos del aire debido a su impacto en la salud y en el ambiente local. El año 2013 fue seleccionado para su análisis, debido a las altas concentraciones PM_{10} presentadas durante los últimos cinco años registrados por la autoridad ambiental CAR.

Abstract

The manufacturing brick generates an effect in the air quality and in the health of the surrounding communities of this type of industry. In the municipality of Nemocón, in the Patio Bonito rural locality, most of small brick fields uses craft techniques for manufacturing different types of bricks. The manufacturing area is basically represented by a kiln and a plot of land named “chircal”. The main fuel used in this activity is coal.

The present work characterized the air quality, considering the massive growth of the brick manufacturing in Patio Bonito, assessing the particulate matter PM_{10} , which is one of the most critical air pollutant due to its impact on health and on the local environment. The year 2013 was selected for the analysis due to

the highest PM_{10} concentrations presented during last period of five years, registered by the environmental authority CAR.

Palabras claves: emisiones de fabricación de ladrillos, material particulado, calidad del aire, modelación.

Problema para investigar

Estado de calidad del aire en la localidad rural de Patio Bonito, Nemocón (Cundinamarca), y su relación directa con la industria de fabricación de ladrillos.

Metodología

Para evaluar la calidad del aire en Patio Bonito, fue aplicado un modelo gaussiano de calidad del aire llamado URBAIR, desarrollado por la Universidad de Aveiro. Para un funcionamiento adecuado de este modelo, fue necesario recopilar datos de entrada como fuentes de emisión y datos meteorológicos. Los periodos de modelamiento se realizaron el 8 de agosto, y el 20 y el 24 de noviembre de 2013, cuando fueron registrados promedios diarios con concentraciones por encima de 100 mg/m^3 , límite regulado por la legislación colombiana.

Se propusieron dos escenarios de mejora. El primero, simulando la sustitución de todos los hornos “fuego dormido” identificados en la localidad por un horno tipo túnel, el cual demostró en diferentes muestreos tener las emisiones de PM_{10} más bajas. El segundo consideró la operación de hornos «colmena» con sistema de control de emisiones. Los resultados permitieron concluir que esas medidas de mejora pueden reducir la contribución PM_{10} a los niveles de contaminación atmosférica.

El modelo URBAIR fue seleccionado para la simulación de niveles de PM_{10} en Patio Bonito debido a su manejo simple y preciso de las variables de entrada. Este es parte de la segunda generación de modelos de dispersión atmosférica de Gauss desarrollado



en la Universidad de Aveiro (Borrego *et al.*, 2011) y difiere de los modelos de dispersión gaussianos tradicionales porque sus parámetros de dispersión tienen una continua variación con la estabilidad

atmosférica. El modelo es apto para ser utilizado en distancias de hasta unos 10 km de la fuente (Borrego y Martins, 1997).

Resultados

Emisiones de hornos de ladrillo y distribución espacial de concentraciones de PM_{10} : dentro del dominio seleccionado y teniendo en cuenta la información de las autoridades municipales, 74 hornos de diferentes

tipos fueron identificados y simulados como fuentes fijas puntuales. La siguiente tabla lista el número y el tipo de hornos considerados por URBAIR.

Tabla 1. Fuentes fijas de emisión

Tipo de horno	Cantidad
Fuego dormido	61
Colmena	9
Hoffman	3
Túnel	1
Total de hornos	74

Una vez realizadas las simulaciones de dispersión de contaminantes, es necesario realizar un posprocesado de los datos obtenidos, para una posterior representación de los resultados generados por el modelo. Los datos de salida del modelo URBAIR proporcionaron concentraciones horarias para cada receptor de una grilla para los tres períodos de simulación (8 de agosto, 20 y 24 de noviembre de 2013).

Es de anotar que el ejercicio de modelado no tuvo en cuenta la contribución de PM_{10} resultante de fuentes fugitivas debido a la falta de información; pero también podrían impactar la calidad del aire y la comunidad de Patio Bonito. Las concentraciones simuladas de PM_{10} tuvieron valores máximos de 62,8, 69,8 y 66,7 mg/m^3 para los tres días seleccionados respectivamente. Se observaron concentraciones entre 40 y 60 mg/m^3 , principalmente alrededor de la localización de los hornos Hoffman.

Las concentraciones de PM_{10} simuladas excedieron el valor diario recomendado por la OMS (50 mg/m^3). Estos valores se consideran como responsables de un aire moderado y representan un cierto riesgo para la salud de los habitantes de Patio Bonito. Sin embargo, estos valores PM_{10} están por debajo del límite permitido diario regulado por la Resolución 2254 de 2017 (100 mg/m^3).

Conclusiones y recomendaciones

- El objetivo principal de este estudio fue explorar la relación entre la actividad de fabricación de ladrillo y la calidad del aire en la localidad rural de Patio Bonito, Nemocón. Varios estudios de investigación han referido que en áreas de clúster de hornos ladrilleros se presentan altas concentraciones de contaminantes atmosféricos, especialmente de PM_{10} , que representan un riesgo para la calidad del aire y la salud.
- La calidad del aire monitoreada en Patio Bonito en 2013 presentó varios incumplimientos del valor diario PM_{10} recomendado por la OMS y el establecido por la legislación colombiana, con valores de picos que sobrepasaron los 100 mg/m^3 , especialmente en agosto y noviembre. Por esta razón, se caracterizó como un año que representaba riesgo para la salud de los habitantes locales.
- La contaminación atmosférica de la actividad manufacturera del ladrillo depende básicamente de las condiciones locales de calidad del aire, del combustible utilizado, de las tecnologías de fabricación, de los tipos de hornos,

de las condiciones meteorológicas, de la eficiencia de los sistemas de control de emisiones y del presupuesto invertido en las cuestiones medioambientales por las autoridades gubernamentales e industriales.

- ▲ El ejercicio del cálculo de las emisiones de diferentes tipos de hornos ladrilleros en Patio Bonito permitió concluir que los de fuego dormido son de los principales contribuyentes de las emisiones de PM_{10} , afectando la calidad del aire en la localidad.
- ▲ Como medida de mejora, algunos hornos pueden implementar una reconversión tecnológica para mejorar la dispersión de contaminantes y mitigar el impacto sobre la calidad del aire local, adoptar sistemas de dosificación de carbón que ayudan a obtener mejores parámetros de combustión y sistemas de control de emisiones para reducir sus emisiones.
- ▲ Los hornos Hoffman y túnel son los más tecnificados en Patio Bonito. Sin embargo, también deben operar con sistemas de control de emisiones.
- ▲ Una de las medidas de mejora más adaptables a corto y medio plazo es la creación de empresas asociativas de trabajo, lo que permite centrarse en la reconversión tecnológica y la mejora de las condiciones operacionales de las industrias ladrilleras.
- ▲ Actualmente, una limitante que se tiene es la falta de datos horarios e históricos de calidad del aire y de parámetros meteorológicos, como sucede en la estación Checua, lo que dificulta el desarrollo de estudios de investigación sobre calidad del aire en varios municipios con episodios de contaminación atmosférica como Nemocón.
- ▲ Se hace necesario una mejora de la red nacional de vigilancia de la calidad del aire de la autoridad ambiental regional, mediante adquisición de equipos nuevos y automáticos, y destinando más personal técnico para un mejor seguimiento y procesamiento de los datos.
- ▲ Los modelos de dispersión son una herramienta interesante y útil para analizar el estado de la calidad del aire en cualquier territorio. Su

uso permite tomar mejores decisiones políticas para reducir la contaminación atmosférica y mejorar la calidad de vida de las poblaciones. En Colombia, mediante la Resolución 2254 de 2017 comienza a ser obligatorio su uso dentro del marco de la gestión de la calidad del aire.

- ▲ Teniendo en cuenta futuros episodios de contaminación atmosférica, es necesario que las autoridades competentes diseñen e implementen el plan de contingencia atmosférico en Patio Bonito, que garantice el cumplimiento de la legislación colombiana y evite así impactos significativos sobre la calidad del aire local y la salud de sus habitantes.

Referencias

- Borrego, C., Cascão, P., Lopes, M., Amorim, J. H., Tavares, R., Rodrigues, V. y Chrysoulakis, N. (2011). Impact of urban planning alternatives on air quality: URB AIR model application. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 147, 13-24. doi: 10.2495/AIR110021.
- Borrego, C. y Martins, J. (1997). A second-generation Gaussian dispersion model: the POLARIS model. *Int. J. Environment and Pollution*, 8(3-6), 789-795. Recuperado desde <http://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJEP.1997.028232>.
- Sánchez, D. (2016). *Characterization of sources and estimation of atmospheric emissions in Patio Bonito, Colombia*. Project MEA, Departamento de Ambiente e Ordenamiento, Universidade de Aveiro.



Memorias Congreso Internacional de Medio Ambiente X Versión se terminó de imprimir en los talleres de Opciones Gráficas Editores Ltda. en el mes de mayo de 2018.

Somos una empresa responsable con el ambiente.





X Congreso Internacional de Medio Ambiente

Segunda edición de las memorias de un evento que cada año socializa en Colombia iniciativas de interés en la agenda de desarrollo mundial y que congrega a más de 400 actores claves de los sectores público y privado, la academia, los medios de comunicación y la sociedad civil.



Centro de Estudios
para el Desarrollo
Sostenible



Konrad
Adenauer
Stiftung