FICEM
Hoja de Ruta CO_2

Rol del cemento en la construcción de **ciudades sostenibles** y resilientes

El desafío latinoamericano



FICEM
FEDERACIÓN INTERAMERICANA DEL CEMENTO

Autor Coordinador:

Edgardo F. Irassar
Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

Autores:

Vanderley John
Escuela Politécnica de la Universidad de São Paulo

Jorge Iván Tobón
Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia

Katia Regina García Punhagui
Instituto Latinoamericano de Tecnología, Infraestructura y Territorio de la Universidad Federal de la Integración Latinoamericana

Jazmín L. Mack V.
Centro Experimental para Ingeniería - Universidad Tecnológica de Panamá

Colaboradores:

Daniel da Costa Reis, Mateo Villa, Gisela Cordoba

Revisores:

Comité de vivienda y urbanismo FICEM-FIHP

Copyright © septiembre 2020 Federación Interamericana del Cemento - FICEM. Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de los titulares del copyright. La infracción de dichos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual.

Este paper fue desarrollado en el marco de la Hoja de Ruta de la industria del cemento de América Latina y el Caribe hacia una economía baja en carbono y es el resultado de un esfuerzo de colaboración de reconocidos académicos de diferentes países de la región, quienes basados en su experiencia y conocimiento hacen una valoración del estado del arte sobre el efecto y adaptación del cambio climático en las ciudades latinoamericanas, y su visión del aporte del cemento y concreto a las ciudades sostenibles y resilientes.

Tabla de Contenidos

Resumen ejecutivo 08

Capítulo 1

PROBLEMÁTICA DE LA SOSTENIBILIDAD
Y RESILIENCIA DE LAS CIUDADES

1.1 Población urbana en América Latina y el Caribe 10
1.2 Ciudades que crecen 15
1.3 Sostenibilidad para el crecimiento de las ciudades 19
1.3.1 Vivienda 20
1.3.2 Servicios básicos de la vivienda 22
1.3.3 Residuos sólidos urbanos 24
1.3.4 Movilidad 24
1.4 Disminución del riesgo de desastre de las aglomeraciones urbanas 25
1.5 Consideraciones finales 30
1.6 Referencias 31

Capítulo 2

EL PROBLEMA DE SOSTENIBILIDAD Y RESILIENCIA
EN LAS CIUDADES LATINOAMERICANAS

2.1 El Cambio climático: Acuerdos y protocolos a nivel de estados 34
2.2 El efecto del cambio climático en ALyC: Posibles afecciones sobre la población 35
2.3 Cambio de la frecuencia de eventos hidrometeorológicos y las sequías 40
2.4 Preparando las ciudades e infraestructura para mitigar los efectos del cambio climático 42
2.5 Obras para reducir el riesgo de desastres y la conservación de los bienes materiales y humanos. 46
2.6 Consideraciones finales 48
2.7 Referencias 48

Capítulo 3

PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE CIUDADES SOSTENIBLES Y RESILIENTES

3.1 Ordenamiento territorial urbano y rural 53
3.1.1 Densificación de la malla urbana 55
3.2 Vivienda 58
3.3 Saneamiento y agua potable 61
3.4 Pavimentos y movilidad 64
3.5 Energías limpias 65
3.6 Áreas verdes y microclima 68
3.7 Residuos sólidos urbanos 70
3.8 Ciclo de vida 73
3.9 Lluvias e inundaciones 74
3.10 Consideraciones finales 76
3.11 Referencias 77

Capítulo 4

APORTE DE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO Y EL CONCRETO A LAS CIUDADES SOSTENIBLES Y RESILIENTES

4.1 Introducción 85
4.2 Saneamiento y materiales de cemento 87
4.2.1 Concreto y suministro de agua 88
4.2.2 Concreto en sistemas de recolección y tratamiento de aguas residuales 89
4.2.3 Reducción del consumo de agua en los materiales de base cementícea 89
4.3 Prevención de inundaciones 90
4.3.1 Parques lineales: drenaje y confort de áreas verdes 91
4.3.2 Pavimentos permeables 92
4.3.3 Presas de control de inundaciones 94
4.4 Industrialización de los materiales cementíceos y resiliencia 94
4.5 Gestión y reciclaje de residuos de la construcción 95
4.6 Muros y obras de contención de movimiento en masas 97
4.7 Comunidades resistentes a las inundaciones 99
4.8 Confort térmico y ahorro de energía 101
4.8.1 Edificios 101
4.8.2 Isla de calor urbano 103
4.9 Consideraciones finales 105
4.10 Referencias 105

Capítulo 5

DISEÑOS Y CÓDIGOS DE CONSTRUCCIÓN PARA CIUDADES E INFRAESTRUCTURAS RESILIENTES

5.1. El código como parte de la legislación 110
5.2 Los códigos de edificación o construcción 112
5.3 Incidencia del cambio del clima en las consideraciones de diseño estructural 114
5.4 Códigos de construcción de viviendas resilientes, larga vida en servicio y sostenibles 118
5.4.1 Sismos 118
5.4.2 Tornados y huracanes 121
5.4.3 Inundaciones 123
5.4.4 Infraestructura verde 125
5.4.5 Infraestructura para protección de ciudades costeras 125
5.4.6 Protección activa y pasiva al fuego 126
5.5 Sostenibilidad y reducción del consumo energético para el confort térmico 128
5.6 Consideraciones finales 130
5.7 Referencias 131

Capítulo 6

BARRERAS, OPORTUNIDADES Y CONDICIONES REQUERIDAS PARA CONSTRUIR CIUDADES SOSTENIBLES Y RESILIENTES

6.1 Barreras que son necesarias remover 135

6.1.1 Accesibilidad a datos confiables 136

6.1.2 Mejoramiento del desarrollo económico y social 136

6.1.3 Informalidad del sector de la construcción 136

6.1.4 Disponibilidad de los materiales de construcción 137

6.1.5 Desarrollo tecnológico de la industria de la construcción 137

6.2 Oportunidades 138

6.2.1 Interacción de los sectores de la comunidad en alianza para el desarrollo sostenible 138

6.2.2 Establecer los mapas de riesgos de cada comunidad 138

6.2.3 Nuevos diseños de vivienda y edificios con criterios sostenible accesibles para población de bajos recursos 138

6.2.4 El desarrollo de los materiales locales para la construcción sostenible 139

6.2.5 La industrialización de la construcción 140

6.3 Condiciones requeridas 140

6.3.1 Conciencia comunitaria de la necesidad de la resiliencia y sostenibilidad 140

6.3.2 Toma de decisiones para el cambio de los distintos estamentos gubernamentales 141

6.3.3 Planificación de la ciudad con códigos sostenibles 141

6.3.4 Desarrollo y revisión de los códigos de edificación adaptados a las tecnologías y a los materiales existentes para el desarrollo sostenible de las ciudades 141

6.4 Referencias 142

Conclusiones finales 142

Acerca de
los autores



Edgardo Fabián Irassar

Ingeniero de Construcciones (UNCPBA, 1986) y Especialista en Tecnología Avanzada del Hormigón (UNLP, 1988).

Es profesor titular del Departamento de Ingeniería Civil en la Facultad de Ingeniería; Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

Es el lider del Grupo de Investigación INMAT de la Facultad de Ingeniería desde 1996 y actualmente es vicepresidente de la Unidad de Investigación CIFICEN (UNCPBA-CICPBA-CONICET).

Presidente de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón de 2013 a 2015.

Decano de la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA de 1992 a 2000 y de 2004 a 2012.

Ha sido miembro de varias comisiones internacionales en el campo de la Ingeniería Civil y en el grupo de trabajo “Innovative strategies for a Low-CO_2 Eco-Efficient Cement-based Materials Industry”



Vanderley M. John

Ingeniero Civil (UNISINOS 1982), M. Eng. (NORIE UFRGS 1986), Dr. Eng. (Poli USP 1995).

Profesor Titular de Materiales y Componentes de Construcción en la Escuela Politécnica de la Universidad de San Pablo.

Su investigación se centra en la búsqueda de soluciones técnicas ecoeficientes, que combinan el bajo costo con el bajo impacto ambiental para los materiales y componentes de construcción y en el desarrollo de herramientas prácticas para medir y gestionar los impactos ambientales de la construcción.

Actualmente, entre otras iniciativas coordina:

- La unidad EMBRAPII Poli USP Materiales para Construcción Ecoeficientes, que dispone de recursos públicos para financiar proyectos de innovación en empresas del sector de la construcción.
- CICS para la Innovación en la Construcción Sostenible, un ecosistema que reúne a empresas y a la academia dedicada a promover la Innovación en el área de la construcción.
- CEMtec - Instituto Nacional de tecnologías avanzadas ecoeficientes avanzadas basadas en cemento, dedicado a explorar soluciones para el futuro de materiales cementíceos.
- La red Low-Carbon Cementitious Materials Initiative (LCCI), en conjunto con la Profesora Karen Scrivener.



Jorge Iván Tobón

Ingeniero Geólogo, Magister en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos y Doctor en Ciencia y Tecnología de Materiales.

Profesor Titular: Departamento de Materiales y Minerales - Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia - Medellín.

Investigador Senior de Colciencias y Director Grupo de Investigación del Cemento y Materiales de Construcción.

Sus investigaciones comprenden: aplicaciones industriales de rocas y minerales, la mineralogía o petrografía aplicada a cementos y afines, cementos alternativos, materiales cementantes suplementarios, aprovechamiento de residuos industriales y nanotecnología en la industria de la construcción.



Katia R. G. Punhagui

Arquitecto Urbanista (2004); magister y doctor en Arquitectura, Energía y Medio Ambiente por la Universidad Politécnica de Cataluña (2014, UPC-España) y doctor en Construcción Civil por la Universidad de San Pablo (2014, USP-Brasil).

Profesor de la Universidad Federal de la Integración Latinoamericana (UNILA) de Foz do Iguazú-Brasil, y del Programa de Posgrado en Ingeniería Civil (PPGECI – UNILA).

Líder del grupo de investigación en Sostenibilidad y Medio Ambiente (SUMA), e investigadora del Laboratorio de Desempeño, Estructura y Materiales (LADEMA-UNILA) y del Centro de Innovación en Construcción Sostenible (CICS-USP). Temas de investigación: Análisis del Ciclo de Vida (ACV), materiales y ecoeficiencia, desempeño y sostenibilidad en la construcción.

Desarrolló trabajos de investigación vinculados al Banco Internacional de Desarrollo (BID), Banco Nacional de Desarrollo (BNDES), Compañía Ambiental del Estado de São Paulo (CETESB), Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq).



Jazmín L. Mack V.

Ingeniera civil por la Universidad Tecnológica de Panamá (2011) con doctorado en Ingeniería Civil por la Universidad de Sao Paulo (2019).

Investigadora y profesora en la Universidad Tecnológica de Panamá.

Coordina el grupo de investigación Sustainable Construction UTP y es parte de distintos grupos de investigación a nivel nacional e internacional.

Actúa en las áreas de construcción sostenible, análisis de ciclo de vida, y gestión de recursos hídricos.

Resumen ejecutivo



En este siglo, los responsables de planificar y tomar decisiones políticas de mediano y largo plazo relacionadas con la edificación e infraestructura urbana enfrentan diversos desafíos: El crecimiento de la población, la racionalización del uso de los recursos, el reciclado y la reutilización de los residuos que contribuyen a la economía circular, los efectos del cambio climático y su mitigación, y la disminución de la vulnerabilidad de los sectores más postergados.

Entre 1950 y 2018, la población de América Latina y el Caribe (ALyC) aumentó de 169 a 632 Mhab, siendo la región en vías de desarrollo con mayor tasa de población urbanizada (80,7 %). Aproximadamente, el 20 % de la población reside en los grandes aglomerados (> 5 Mhab), el 25 % vive en las ciudades de 1 a 5 Mhab, el 14 % vive en ciudades entre 0,3 a 1,0 Mhab y el 41 % vive en ciudades pequeñas de menos de 0,3 Mhab. Las ciudades ocupan una muy pequeña superficie del territorio de ALyC, pero son responsables de consumir un 70 % de los recursos naturales y de generar una gran proporción de residuos. Asimismo, las ciudades de la región concentran la mayor parte de la actividad económica debido a la mayor presencia de personas y bienes.

La población urbana requiere recursos (agua, energía, alimentos, habitación, materiales y otros insumos) para su vida cotidiana, que deben ser provistos con un adecuado diseño de la infraestructura, así como de un correcto tratamiento de los residuos y el saneamiento. Las ciudades con un buen planeamiento urbano, con viviendas e infraestructura adecuada y servicios básicos de agua potable, saneamiento, energía, transporte y desagües, proporcionan un mejor desarrollo humano acompañado de salud, empleo, educación y movilidad social ascendente, que permite incluir a los sectores más postergados.

La planificación urbana también requiere considerar los distintos escenarios provocados por el cambio climático. Las zonas urbanas de ALyC se verán afectadas por el aumento de la temperatura media, las inundaciones y las sequias más frecuentes, las tormentas más intensas, el aumento del nivel del mar y las marejadas que provocarán mayores desastres naturales, a los ya conocidos (terremotos, deslizamientos, etc.). Los desastres naturales afectan en mayor medida a la población urbana más vulnerable, especialmente a las personas en condición de pobreza, los niños, los ancianos y los discapacitados. Por esta razón, los gestores de ciudades deben manejar los riesgos emergentes y crecientes para reducir la exposición y el impacto de los desastres naturales sobre la población, la infraestructura y la actividad económica. Para un clima cambiante, los asentamientos urbanos deben adaptar la infraestructura física y social para poder resistir los desastres minimizando las pérdidas humanas y económicas.

Entre los objetivos 2030 para el desarrollo sostenible de la ONU, las ciudades son parte del problema y también son parte de la solución. El Objetivo del Desarrollo Sostenible número 11 (ODS11) propone “Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles". Las ciudades son actores principales en la adaptación y mitigación del cambio climático desde la reducción de la exposición al riesgo y vulnerabilidad climática, hasta la reducción las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el transporte, acondicionamiento térmico de las viviendas, adecuada gestión de los residuos, generación de energía limpia y reducción de la huella de materiales.

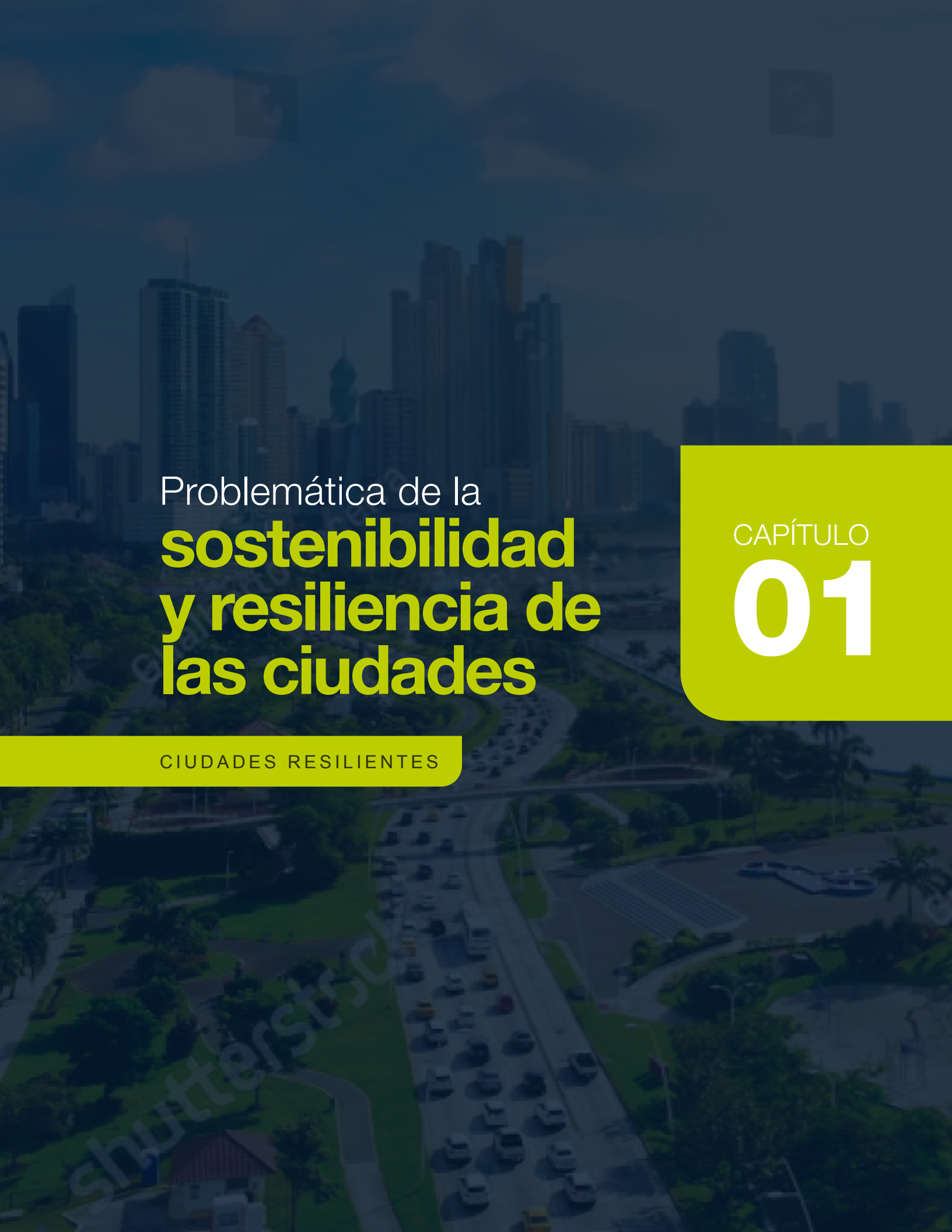
En el futuro, las ciudades deben volverse resilientes para manejar los peligros y las amenazas como pregona la nueva agenda urbana de la ONU y la declaración de SENDAI. La resiliencia es un conjunto de acciones que permiten la persistencia, recuperación y transformación de los sistemas de servicios, sociales y ecológicos para enfrentar los desastres futuros. En ALyC es necesario el planeamiento de las ciudades grandes, medianas y pequeñas, pues muchas todavía carecen de acceso a recursos técnicos, humanos y financieros para la ejecución de estrategias para la resiliencia. El planeamiento y la gestión de las ciudades debe resolver la adaptación del crecimiento urbano previo y las nuevas demandas de vivienda, transporte público, servicios básicos, esparcimiento, oportunidades de empleo, reducción de la segregación y violencia; en forma conjunta con el desafío del cambio climático y la disponibilidad de recursos. La sostenibilidad y la resiliencia de las ciudades de ALyC dependerá del planeamiento integrado, con una visión holística y sistémica, apoyado por un cuerpo formado por técnicos, políticos y representantes comunitarios. Las necesidades de vivienda e infraestructura requieren de la producción y el uso de materiales de construcción, de técnicas constructivas, y de la prolongación de la vida útil de las construcciones que deben llevarse a cabo en forma eficiente y sostenible. Tanto la eficiencia de los recursos como la resiliencia de las construcciones juegan un papel esencial en una ciudad sostenible.

Los materiales de base cementícea, entre ellos el concreto u hormigón, son vitales en el desarrollo de las ciudades sostenibles y resilientes. Estos materiales están presentes en el desarrollo de infraestructura para el suministro de agua potable, saneamiento, prevención de inundaciones e infraestructura de transporte. Nuevas intervenciones sobre los parques lineales en planicies de inundación, viaductos, puertos y zonas costeras requieren de materiales y construcciones resilientes. Las obras de contención para evitar deslizamientos o movimiento de masas en terrenos quebrados son realizadas en concreto, asimismo, las obras de regadío y almacenamiento de agua para evitar las pérdidas de sequias, o las viviendas seguras al ser expuestas a huracanes y tormentas extremas, también requieren ser construidas en concreto. Adicionalmente las viviendas existentes deben adaptarse al cambio climático, especialmente en lo que se refiere al acondicionamiento térmico, higrométrico y ventilación que requiere de intervenciones con materiales apropiados y durables. La ejecución de estas construcciones para adaptarse o mitigar el cambio climático, como para construir resiliencia en las ciudades, requiere de soluciones sostenibles en la cual los materiales de base cementícea son protagonistas esenciales por sus propiedades mecánicas y durables, disponibilidad local y menor energía y emisiones a lo largo de su ciclo de vida.

Otros requerimientos necesarios para afrontar las consecuencias del cambio climático y la disminución de recursos, son la adecuación de los diseños y los códigos de construcción para lograr una mayor resiliencia de las edificaciones e infraestructura, la zonificación del riesgo (sismos, inundaciones, vientos, etc.) y la zonificación bioclimática. En relación a la adecuación de los diseños y códigos, además de las especificaciones técnicas, también requiere de decisiones a nivel gubernamental, de los profesionales y técnicos, y de las empresas del sector. La normativa de edificación ha evolucionado desde el cálculo resistente hacia formas más complejas que incluyen la mayor durabilidad, el menor consumo energético, el mantenimiento programado y la reutilización o disposición final de los residuos de la demolición. El nuevo desafío es que las obras deben seguir operativas (en forma inmediata o con un corto plazo de recuperación) luego de los desastres naturales para mantener el tejido socioeconómico de una comunidad. Conocidas las amenazas y riesgos que enfrentan las ciudades, los códigos de construcción deben ser revisados y actualizados para logar una mejor adaptación a los eventos extremos, dicha actualización resulta imprescindible.



La construcción de ciudades sostenibles y resilientes requiere de la participación de los gobiernos centrales y locales, las organizaciones del empleo y la producción, la educación en todos sus niveles, las organizaciones sociales y culturales para desarrollar soluciones asequibles y duraderas. La industria del cemento y del concreto juegan un rol relevante en el aporte a las ciudades sostenibles y resilientes, produciendo un material durable, sismo-resistente, reutilizable y resiliente a los efectos del cambio climático. Es así como estas industrias se unen al desarrollo de estos esfuerzos, reconociendo la importancia de alianzas público-privadas efectivas y proporcionando el material base para el desarrollo de la infraestructura que las ciudades requieren.



CAPÍTULO

01

Problemática de la

sostenibilidad y resiliencia de las ciudades

CIUDADES RESILIENTES

Problemática de la **sostenibilidad y resiliencia de las ciudades**

"En 40 años la población regional aumentó un 51 %, especialmente en áreas urbanas. Este crecimiento, sumado a la falta de planificación territorial y la creciente pobreza y desigualdad, determinan la expansión de asentamientos informales en las urbes. La cobertura de servicios de infraestructura básica no alcanza al total de la población, existiendo importantes asimetrías entre y dentro de los países. La demanda del agua aumentó en un 76 % en 15 años. Son crecientes los niveles de contaminación y su incidencia en la salud. Unas 35 mil muertes se atribuyen a la contaminación del aire cada año. La existencia de nuevos patrones de consumo, sumados al crecimiento económico han llevado a un aumento en la producción de residuos sólidos por habitante en los países de América Latina y el Caribe. Estos aspectos, determinan desafíos en materia de gestión, a fin de reducir la vulnerabilidad tanto social como ambiental de la región."

(ONU-CEPAL, 2009).



1.1 Población urbana en América Latina y el Caribe

Según los datos de las Naciones Unidas **(ONU, 2018b),** la población mundial ha aumentado de 2.535 millones de habitantes (Mhab) a 7.632 Mhab en el periodo 1950-2018, es decir que se ha triplicado. En América Latina y el Caribe (ALyC) la población ha pasado de 169 Mhab en 1950 a un total de 632 Mhab en 2018, es decir, un crecimiento de 3,74 veces. Por otro lado, las perspectivas de crecimiento de la población en nuestra región son menores en comparación con el mundo **(Figura 1.1).** La población actual de la región reside un 65,8 % en Sudamérica; 27,3 % en Centroamérica y 6,9 % en el Caribe. Brasil y México representan más del 50 % de la población regional **(ONU, 2018b).**

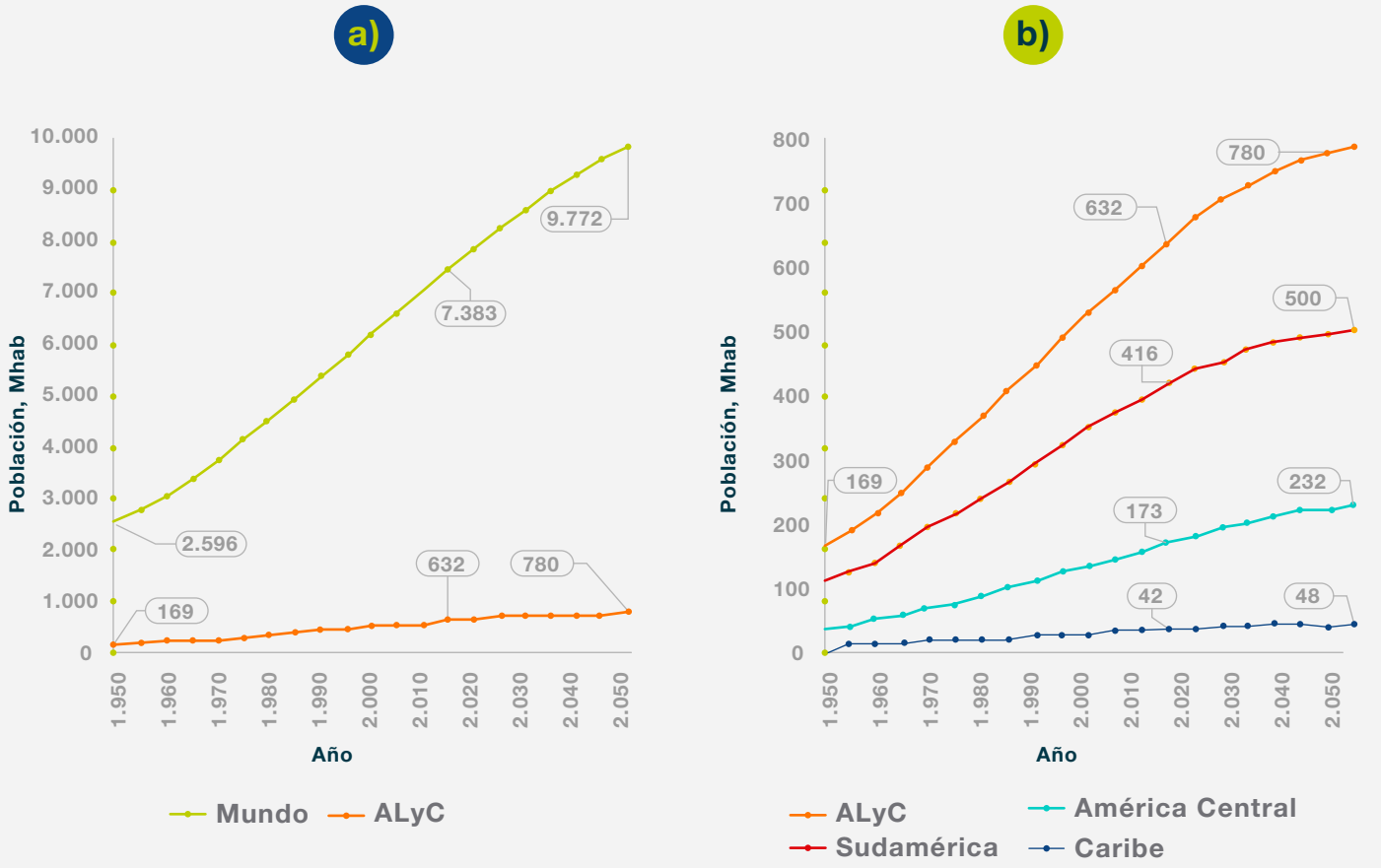
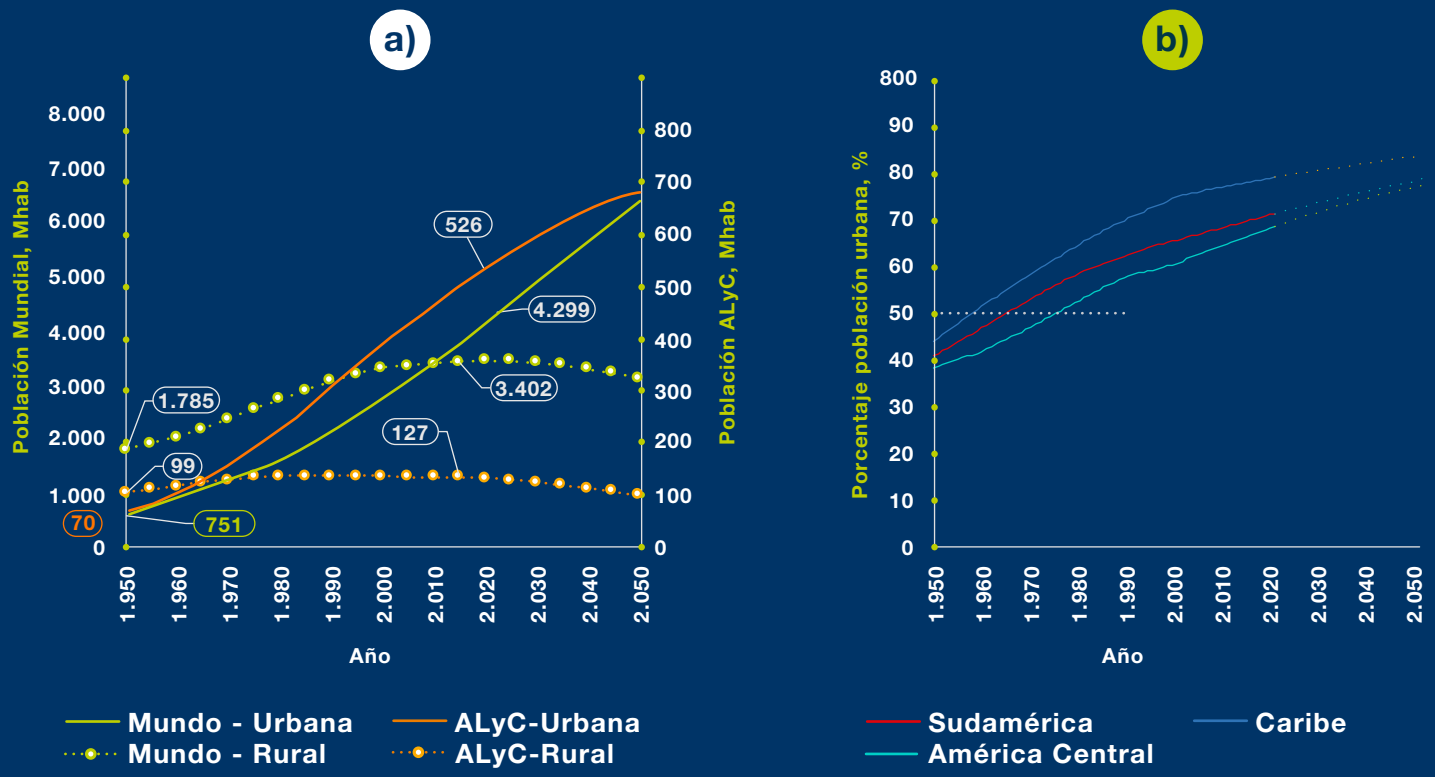


Figura 1.1. a) Población Mundial y de ALyC; b) Población por región de ALyC (ONU, 2018b)

El aumento de población también trae como consecuencia un aumento de población urbana en detrimento de la población rural como lo muestra la **Figura 1.2.** En el mundo se estima que el 55,3 % de la población mundial vive en asentamientos urbanos. En ALyC esta proporción es mayor (80,7 %) mientras que el 19,3 % de la población vive en áreas rurales. Entre 1950 y 2018, la población urbana se ha multiplicado por 7,5 (70 a 526 Mhab), siendo la región en vías de desarrollo con mayor tasa de urbanización. El proceso de urbanización se inició en algunos países (Uruguay, Argentina, Chile) en forma temprana hacia finales de la década de 1950, mientras que en otros (Brasil, México, Colombia y Cuba) ocurrió años después; en algunos países (Bolivia, El Salvador) es un hecho reciente y en otros (Guatemala y Haití) aún se encuentra en desarrollo **(Figura 1.2b).**



Figuras 1.2. a) Población urbana y rural; b) Tasa de población urbana (ONU, 2018b)

Para 2030, se proyecta que un 60 % de la población mundial vivirá en áreas urbanas, en ALyC se estima que esta tasa será mayor (83,5 %). Actualmente, los países de ALyC presentan según la región una tasa de urbanización desigual **(Figura 1.2b)**. En Sudamérica la tasa promedio es mayor (84 %) **(Figura 1.2b)**; mientras Uruguay (95 %) y Argentina (92 %) cuentan con la mayor población urbana, Paraguay presenta la menor (61 %). Por ejemplo, la población de Colombia es de 48,4 Mhab, de los cuales el 77,1 % vive en cabeceras municipales, el 7,1 % vive en pequeños centros urbanos y el 15,8 % reside en zonas rurales (DANE, 2018). Para Centroamérica, la población urbana es cercana al 75 %, la mayor cantidad está en México (80,7 %) y en Costa Rica (80,8 %), mientras que en Guatemala (50 %) y Belice (45 %) es cercana a la mitad. En el Caribe (71 %), la mayor proporción de población urbana corresponde a Puerto Rico (93 %) sin tener en cuenta las pequeñas islas estado, y la menor proporción de población urbana corresponde a Haití (53 %).

La situación actual de la urbanización, en cambio no ha sido homogénea en la historia; la **Figura 1.3** muestra la tasa de urbanización en distintos lustros de la región. En ALyC, la tasa de urbanización de la población tiene una tendencia descendente desde 1950. La proyección 2020-2050 muestra para la región una tasa de crecimiento de la población urbana menor que la correspondiente al mundo, especialmente por su alto grado de urbanización.

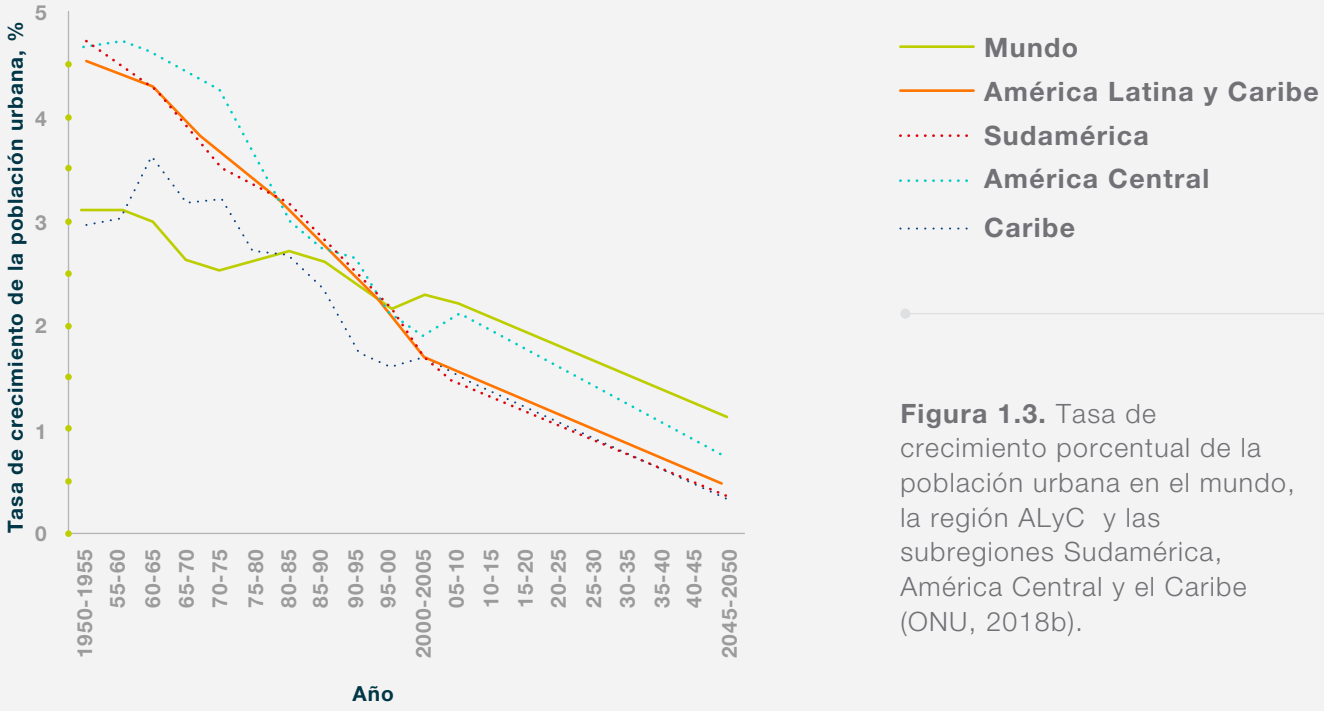


Figura 1.3. Tasa de crecimiento porcentual de la población urbana en el mundo, la región ALyC y las subregiones Sudamérica, América Central y el Caribe (ONU, 2018b).

El crecimiento de la población es una de las características del mundo actual, y a ello se suma un aumento significativo de la población que vive en áreas urbanas de distinta tipología que requiere de vivienda, servicios, infraestructura y suministros.

1.2 Ciudades que crecen



La urbanización se puede definir como un conjunto de procesos a través del cual la población se concentra y las actividades humanas se desarrollan progresivamente en una densidad suficiente que favorece el desarrollo y el bienestar, y que a su vez puede promover más aglomeración. Para realizar su vida laboral y social, los habitantes urbanos requieren de servicios y movilidad que son fundamentales para un desarrollo urbano sostenible. La urbanización también afecta la región lindante que debe abastecer a la población de los recursos primarios como el agua y la energía, de los recursos secundarios (materiales de construcción), y también del tratamiento y disposición de los residuos que la ciudad produce. Para el desarrollo y crecimiento de la ciudad, son necesarias obras de captación, tratamiento y distribución de agua potable; saneamiento, obras eléctricas, vías de comunicación y vivienda, lo cual transforma a las ciudades en grandes demandantes de obras de infraestructura y consecuentemente de materiales de construcción.

Dejando de lado los límites políticos, en la actualidad no existe un criterio uniforme para definir los límites geográficos de una ciudad. La revisión publicada como World Urbanization Prospects (WUP-18) en 2018 (ONU, 2018b) acepta al concepto de "aglomeración urbana" para establecer la dimensión de las ciudades.

Este concepto considera la extensión del área urbana contigua para delinear los límites de la ciudad, mientras que las grandes áreas metropolitanas definen sus límites de acuerdo al grado de interconexión económica y social con las áreas cercanas. Por ejemplo, en la Ciudad de Buenos Aires (Argentina) el número de habitantes de la "ciudad propiamente dicha" es de 2.9 millones según el censo de 2011, pero la población de la "aglomeración urbana" circundante es de 12.8 millones y la población de la “región metropolitana" es de 14,8 millones.

La *dimensión de las ciudades* se establece de acuerdo con la cantidad de habitantes: Las “áreas metropolitanas” o megaciudades con más de 10 Mhab, las ciudades extensas de 5 a 10 Mhab, las grandes ciudades de 1 a 5 Mhab, las ciudades intermedias de 0,5 a 1 Mhab, las ciudades pequeñas de 0,3 a 0,5 Mhab y las muy pequeñas menores de 0,3 Mhab.

De acuerdo con el reporte WUP-18 (ONU, 2018b), la población urbana mundial creció sostenidamente desde 1950 a 2020 (**Figura 1.2a)**, y también este crecimiento ha sido direccionado a los grandes centros urbanos **(Figura 1.4a)**. Solo un 14 % de la población vivía en aglomeraciones urbanas > 1 Mhab en 1950; actualmente este porcentaje es del 43 % y se espera que dicho valor llegue a casi la mitad de la población urbana a mediados de este siglo.

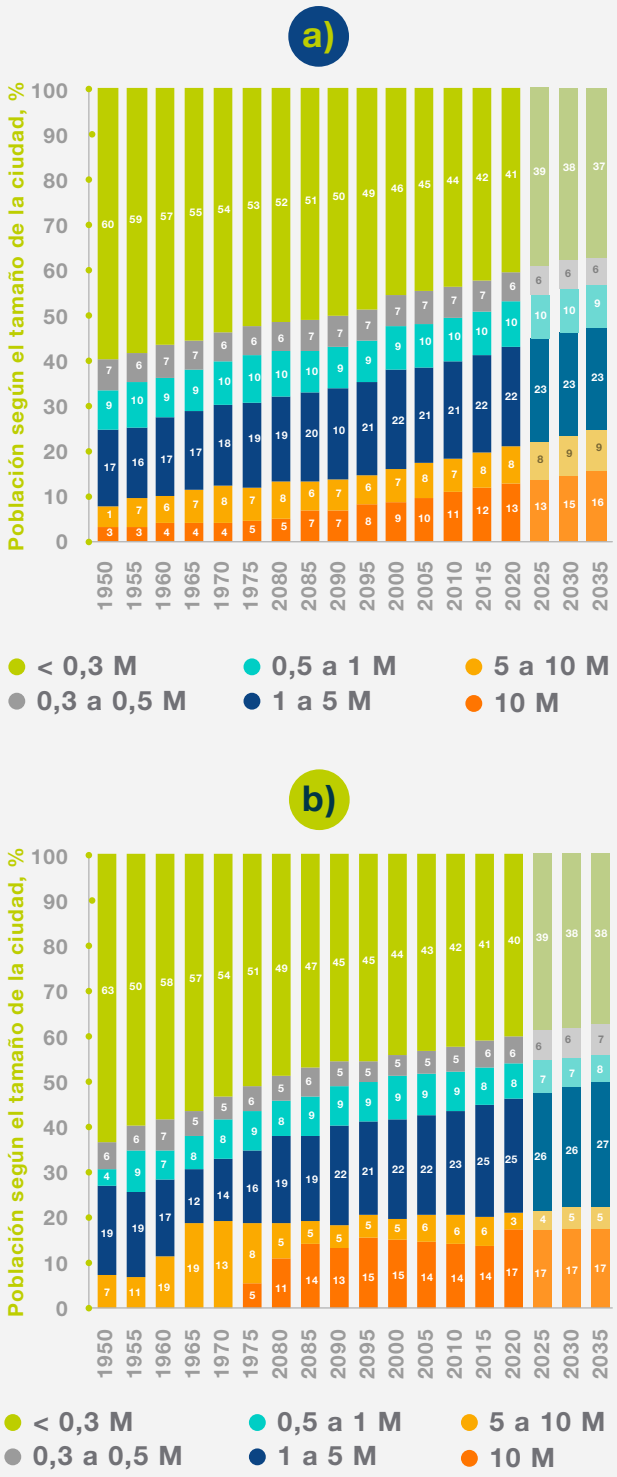


Figura 1.4. Distribución de la población urbana según el tamaño de la ciudad: a) Mundial; b) ALyC (ONU, 2018b)

Para ALyC un 20 % de la población reside en los grandes aglomerados (> 5 Mhab), este porcentaje es estable desde 1980 y sólo se pronostica un leve crecimiento para los próximos años (**Figura 1.4b**). Las nueve ciudades con más de 5 Mhab son: San Pablo (20,9 Mhab), Ciudad de México (20,4 Mhab), Buenos Aires (15,3 Mhab), Rio de Janeiro (12,0 Mhab), Lima (11,4 Mhab), Bogotá (7,4 Mhab) y Santiago de Chile (6,4 Mhab). La tasa de crecimiento de las megaciudades en ALyC ha descendido de 5 % en la década de 1950 a menos del 1 % a partir del 2000 (**Figura 1.4b**). Por otro lado, la proporción de la población que reside en las ciudades de 1 a 5 Mhab será un poco mayor en la región del 20 al 27 %, mientras que más de la mitad de la población vive en aglomerados de menos de 1 Mhab. Si bien la proporción de la población que vive en ciudades pequeñas ha disminuido desde 1950 en la región, aún el 40 % vive en ciudades pequeñas de menos de 0,3 Mhab.

La **Figura 1.5** muestra la ubicación geográfica de las ciudades con más de 20.000 habitantes en ALyC en 1950 y 2000, mientras que la **Figura 1.6** muestra la evolución del número de ciudades de acuerdo con su tamaño en ALyC. El análisis por región indica que, en América Central hay dos ciudades de más de 5 Mhab y el gran crecimiento ha sido en las ciudades de 1 a 5 Mhab, cuya cantidad se incrementó de 5 a 29 ciudades entre 1990 y 2020; este crecimiento ha sido a expensas de la disminución del número de ciudades de la categoría inmediatamente inferior (0,5 a 1 Mhab). El cambio en el tamaño de las ciudades es menos pronunciado en Sudamérica que cuenta con 7 megaciudades, el crecimiento entre 1990 y 2020 es de 17 a 33 ciudades de 1 a 5 Mhab, un crecimiento mayor en las ciudades de 0,3 a 0,5 Mhab (de 23 a 37) y una expectativa de crecimiento aún mayor. En el Caribe hay cuatro grandes ciudades (Santo Domingo –Rep. Dominicana-; Puerto Príncipe -Haití-; La Habana -Cuba- y San Juan de Puerto Rico) de 1 a 5 Mhab ,tres ciudades de 0,5 a 1 Mhab y la perspectiva es que crezcan las ciudades de 0,3 a 0,5 Mhab (ONU, 2018b).

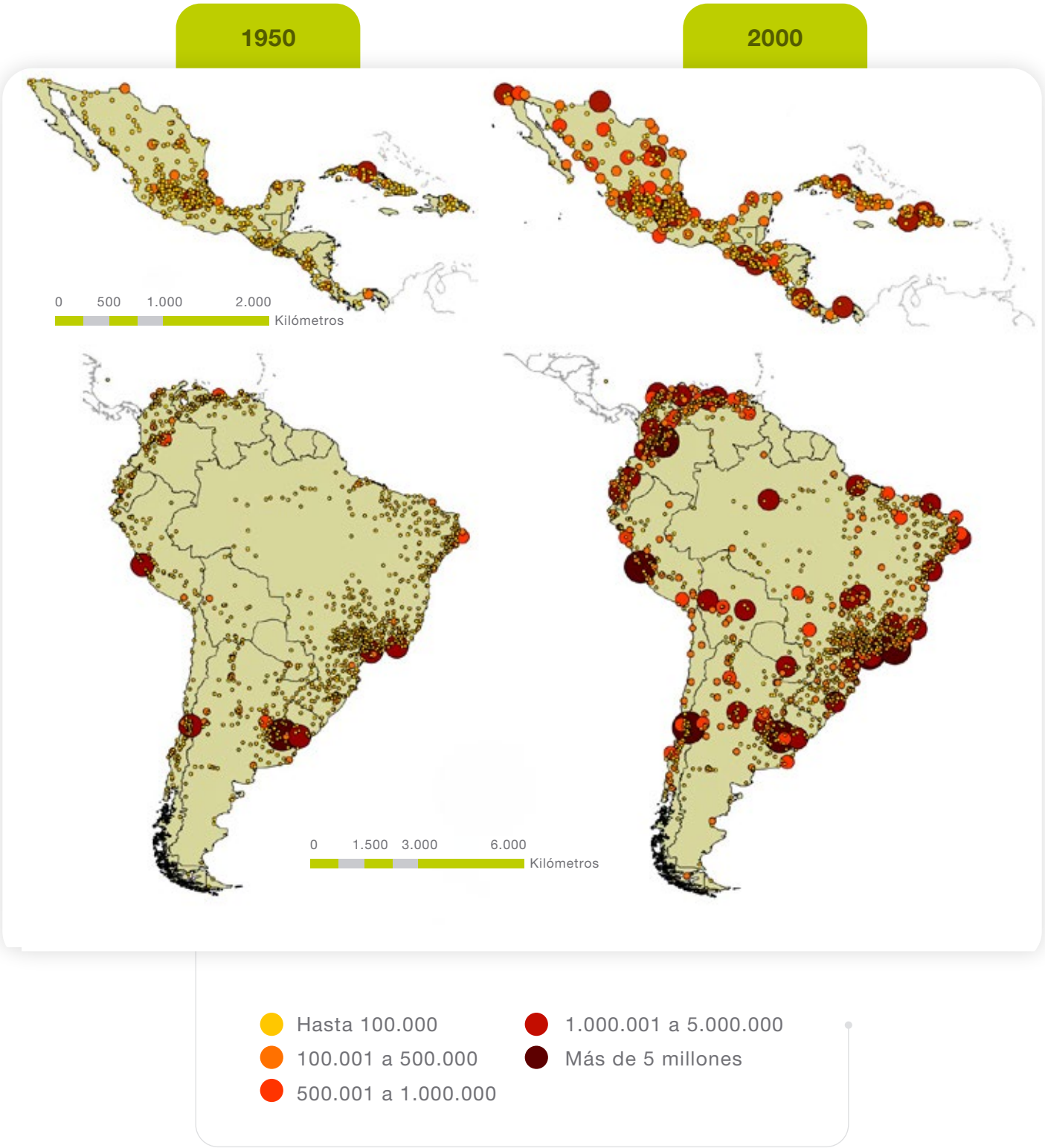


Figura 1.3. Ciudades en ALyC con más de 20.000 habitantes (ONU-Hábitat. 2012, elaborado con datos de CELADE, UNDESA y censos nacionales)

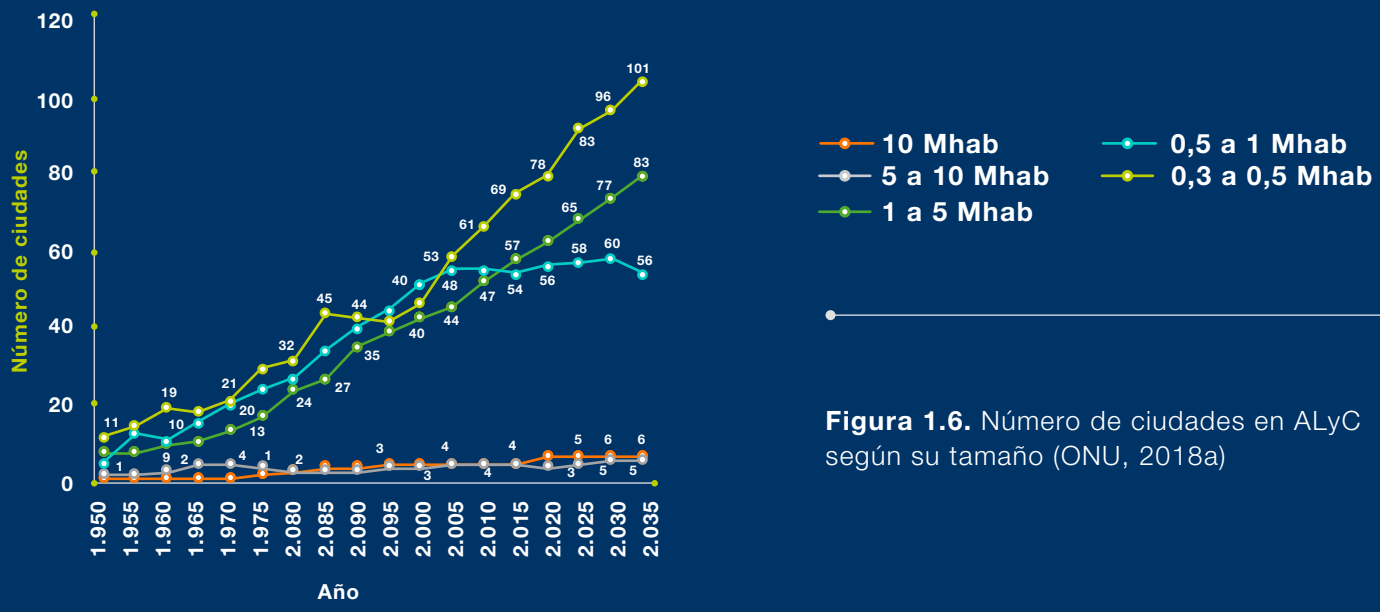


Figura 1.6. Número de ciudades en ALyC según su tamaño (ONU, 2018a)

Durante las últimas décadas, se ha prestado mucha atención al desarrollo de las áreas metropolitanas con grandes aglomeraciones (OECD, 2015), pero sólo el 12 % de la población urbana vive en ciudades de más de 10 Mhab, mientras que en Centroamérica el porcentaje es del 17 % y en Sudamérica del 14 % (ONU, 2018b). En las ciudades intermedias de 0,1 a 1 Mhab vive el 32 % de los latinoamericanos; algunas estimaciones indican que pueden concentrar hasta el 17 % del PBI, y juegan un papel determinante en el entramado logístico, de transporte de materias primas y de consumo de bienes y servicios. Según la CAF (Daude et al., 2017), estas ciudades serán determinantes en el aumento de la productividad y competitividad regional y nacional, y están llamadas a contribuir significativamente para cerrar la brecha entre las zonas rurales y urbanas. Las ciudades pequeñas tienden a crecer más rápido que las grandes (Balk et al., 2009), porque con menos recursos es posible un crecimiento desafiante para brindar más prosperidad a los ciudadanos (Floater et al., 2014). Los gobiernos locales pueden favorecer o dificultar la tarea de adaptación al cambio climático, pero en términos de mitigación, las ciudades intermedias a pequeñas albergarán a casi la mitad de la población y dos de cada cinco personas vivirá en ciudades con al menos medio millón de habitantes (Estupiñan et al., 2018; Group, 2016).

En perspectiva, la sostenibilidad global estará determinada principalmente por lo que suceda en las ciudades que concentran el asentamiento humano y la actividad económica. Por esta razón, las ciudades son actores principales en la adaptación y mitigación del cambio climático, así como también se han convertido en el foco de atención con respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la exposición al riesgo y vulnerabilidad climática (IPCC, 2014; ONU-HABITAT, 2016). Comprender las tendencias en la urbanización y su evolución es crucial para el desarrollo sostenible global (ONU HABITAT, 2012).

1.3 Servicios básicos de la vivienda

En las ciudades, la alta concentración de personas y bienes provocan que más del 80 % de las actividades económicas mundiales también se concentren en ellas (Banco Mundial, 2013b); además se ha identificado que las ciudades son motores del crecimiento económico. La productividad y funcionalidad de la ciudad depende de la calidad de su estructura espacial, el nivel de infraestructura básica, los servicios y, no menos importante, cómo se gestionan (Banco Mundial, 2013b). Para sus habitantes, las ciudades bien organizadas pueden proporcionar también oportunidades de empleo, educación, servicios y movilidad social ascendente. Las ciudades con servicios básicos deficientes de agua potable, saneamiento, energía, transporte de mercancías y control de aguas pluviales a menudo están excedidas en su capacidad y tienen viviendas pobres o asentamientos informales. Estas ciudades generalmente no atraen nuevas inversiones para vigorizar el crecimiento económico y mejorar el bienestar de los habitantes.

En la mayoría de los países de bajos ingresos, entre ellos los países de ALyC, las ciudades grandes e intermedias presentan amplios sectores donde el dominio de lo informal y los asentamientos no planificados persisten en zonas urbanas existentes con pocos planes, leyes y regulaciones. Si bien ha habido un gran avance en las últimas décadas, los asentamientos informales albergan más del 20 % de la población urbana de ALyC (ONU-Habitat, 2015). Esta situación plantea desafíos crecientes para la estabilidad del tejido social y político de las ciudades, ya que los habitantes carecen de una vivienda digna, servicios básicos, infraestructura e instalaciones adecuadas, y tienen una alta concentración de la pobreza. La urbanización no planeada de los asentamientos produce efectos negativos como la congestión, la sub-urbanización, la segregación y la polución. Por otro lado, se acelera la demanda de acceso a la vivienda, al sistema de transporte y a los servicios inclusivos.

Por una cuestión del número de habitantes involucrados, el desarrollo sostenible depende en gran medida del desarrollo urbano sostenible. Uno de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) es “Hacer que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resistentes y sostenibles" (ONU, 2015). Para 2030, la comunidad internacional se propone como meta aumentar sustancialmente el número de ciudades y asentamientos humanos que adoptan e implementan políticas y planes integrados hacia la inclusión, la eficiencia de los recursos, la mitigación y la adaptación al cambio climático y la resiliencia a los desastres (ONU, 2015).



Figura 1.7. Objetivo de Desarrollo Sostenible Nº 11

Para hacer frente a estas demandas, las ciudades deberán mejorar sus capacidades de gestión económica-financiera e institucional. Es necesario establecer normas y regulaciones adecuadas, que gobiernen a los vecinos urbanos que comparten servicios comunes con un mejor diseño y un mejor ordenamiento espacial, que optimicen la densidad, la conectividad y la diversidad, y con un plan financiero que sostenga el funcionamiento de la ciudad y que asegure la prosperidad económica. Es momento de repensar la urbanización y de promover políticas urbanas que contemplen el desarrollo sostenible. Estas políticas requieren de la realización de planes de mejoramiento de las viviendas existentes y nuevas viviendas, de obras de infraestructura de transporte, de saneamiento de aguas servidas, de evacuación del agua de lluvia, de iluminación y nuevos edificios comunitarios, entre otros.

1.3.1 Vivienda

La vivienda es la unidad básica del entramado urbano. Define los barrios, las demandas de movilidad, de servicios y gran parte de nuestra relación con la ciudad y el entorno ambiental (ONU HABITAT, 2012). La situación habitacional de la población de ALyC ha mejorado en los últimos treinta años, pero todavía hay grandes deficiencias que impiden garantizar las condiciones para el acceso universal a una vivienda digna. La situación de vivienda se define por tres aspectos básicos: la cantidad de viviendas existentes (stock habitacional), la cantidad que hace falta en función del número de hogares (déficit cuantitativo) y cuántas incumplen estándares mínimos de habitabilidad que permitan una calidad de vida digna y adecuada (déficit cualitativo).

El stock de viviendas en la región es de 200 a 300 viviendas por cada mil habitantes, lo que determina un déficit cuantitativo de vivienda del 6 % en la región (Banco Interamericano de Desarrollo, 2012). Las cifras oficiales sobre el déficit cuantitativo de viviendas para el conjunto de ALyC tienen cierta imprecisión ya que la actualización de los censos no está disponible simultáneamente para poder ofrecer información comparada entre los países.



Desde 1990 a 2010, el número de personas que viven en asentamientos precarios aumentó debido al incremento de la población urbana y las migraciones, pero la proporción de población urbana en asentamientos precarios disminuyó del 33 % al 24 % (ONU-Habitat, 2015). Actualmente, aproximadamente 100 Mhab viven en viviendas deterioradas y con riesgo ambiental ubicadas en áreas urbanas o periurbanas. La situación en los distintos países de la región es heterogénea. Surinam tiene una baja proporción (5 %) de población urbana viviendo en asentamientos precarios, mientras que en Haití el porcentaje llega hasta el 70 %. Además de este país, se destacan por sus elevados índices de población que habita en asentamientos (ordenados de mayor a menor) Jamaica, Bolivia, Belice, Nicaragua y Guatemala. En general, los países con mayor déficit de viviendas, presentan las peores condiciones físicas y de acceso a servicios básicos. Un desafío del siglo XXI, es la incorporación a la ciudad de los asentamientos informales, desestructurados y marginados socioeconómicamente, particularmente en términos de acceso a los servicios básicos, la movilidad y los servicios sociales.

Los estudios realizados en varios países de la región muestran que el déficit cuantitativo de vivienda supera el 50 % del total de hogares en Honduras y Nicaragua, y es cercano o superior al 30 % en Argentina, Bolivia, El Salvador, Paraguay, República Dominicana y Venezuela. Los déficits cuantitativos miden las familias que habitan en viviendas inadecuadas y sin posibilidades de reparación, que puedan ser subsanados a través de los planes de nuevas viviendas urbanizadas. En cambio, los déficits cualitativos miden los hogares que habitan en viviendas cuyas paredes y techos están construidas con materiales inadecuados para el clima de la región, tienen pisos en tierra, carecen de servicios de agua y saneamiento adecuado, tienen hacinamiento, o la tenencia es precaria. La **Tabla 1.1** presenta las estimaciones del déficit de vivienda en la región utilizando las encuestas de hogares y los últimos censos disponibles hasta 2013–14. En este estudio, se muestra que la población de menores recursos soporta la mayor incidencia del déficit de vivienda, pero la mayoría de los hogares que registran déficits cualitativos no son pobres (32,3 millones comparados con 9,8 millones de hogares pobres) (Banco Interamericano de Desarrollo, 2012). La adecuación de las viviendas existentes para dotarlas del confort adecuado es una política pendiente. Sin un profundo cambio en las políticas de mejoramiento de la vivienda existente, la escasez de vivienda va a seguir siendo uno de los mayores desafíos en ALyC en los próximos años.

Tabla 1.1. Déficits de vivienda urbana en ALyC por país, 2009 (porcentaje de hogares) (Banco Interamericano de Desarrollo, 2012)

PAÍS	Déficit cuantitativo	DÉFICITS CUALITATIVOS				
		Total	Materiales	Hacinamiento	Infraestructura	Falta de tenencia segura
Argentina	5	27	9	6	13	16
Bolivia	30	34	27	23	32	11
Brasil	6	25	2	0	22	7
Chile	3	16	1	1	2	14
Colombia	9	19	7	4	9	10
Costa Rica	2	10	5	1	1	6
El Salvador	8	41	21	16	30	17
Ecuador	10	31	14	8	19	13
Guatemala	11	46	32	27	32	10
Honduras	2	41	18	14	26	12
México	2	26	9	5	8	15
Nicaragua	12	58	33	28	52	10
Panamá	8	29	7	6	22	13
Perú	14	46	34	11	29	21
Paraguay	3	36	13	9	25	10
República Dominicana	3	32	5	3	25	9
Uruguay	0	25	4	3	4	22
Venezuela	8	20	13	6	5	6

1.3.2 Servicios básicos de la vivienda

El acceso al agua potable gestionada en forma segura ha crecido entre el año 2000 a 2015 en la población urbana y tiene una cobertura del 77 %, mientras que un 22 % tiene un acceso básico al agua potable que requiere un viaje de la vivienda a la fuente de agua de 30 minutos (WHO/UNICEF, 2017). De los 24 MHab que no tiene servicio básico de agua, el 74 % corresponde a la población rural **(Figura 1.8).**

Manejo seguro del agua potable



Cobertura del servicio de agua potable básico en áreas urbanas



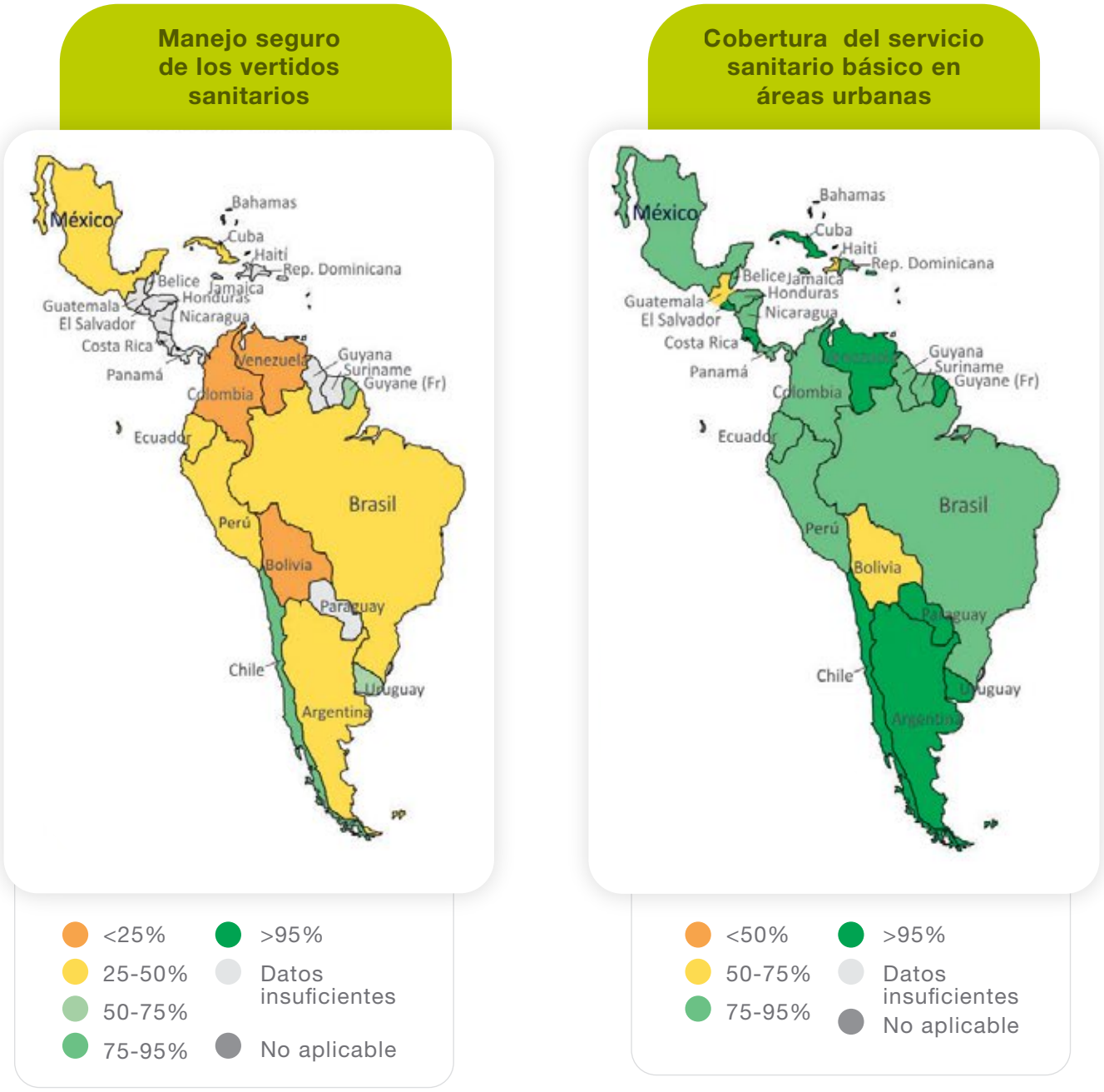


Figura 1.8. Cobertura de agua potable y saneamiento en las ciudades de ALyC (WHO/UNICEF, 2017)

La falta de infraestructura de saneamiento constituye el principal déficit en las zonas urbanas de la región. La provisión de servicios sanitarios de manejo seguro en las áreas urbanas tiene un bajo nivel de prestación (22 %), mientras que el servicio básico cubre el 66 % de la población urbana y se corresponden con instalaciones en las viviendas que conducen a pozos individuales para el tratamiento de las aguas servidas (WHO/UNICEF, 2017).

La cobertura de servicio eléctrico es universal en el tejido urbano y también se han dado pasos importantes para mejorar la gestión de residuos sólidos urbanos y facilitar la movilidad de la población, pero aún persisten graves deficiencias en la calidad, eficiencia y continuidad de los servicios, así como en las condiciones de acceso que afectan particularmente a la población más pobre (ONU, 2019).

1.3.3 Residuos sólidos urbanos

La sostenibilidad urbana requiere un adecuado manejo de los residuos sólidos urbanos (RSU). Según el informe de ONU-Habitat (ONU HABITAT, 2012), en ALyC se observa una mayor concientización de la importancia del buen manejo de los residuos, pero aún las actividades de reducción, recuperación, reciclaje y aprovechamiento son incipientes, y persisten amplias diferencias entre países. En los distintos países y ciudades no se distingue la procedencia de los residuos sólidos urbanos (domésticos, comerciales, provenientes de la limpieza y poda de espacios públicos, demoliciones, etc.). Los datos recientes (Kaza, Yao, Bhada-Tata, Woerden, & Van Woerden, 2018) muestran que ALyC generó 231 Mt de RSU en 2016, con un promedio de 0,99 kg per cápita por día y un poco más de la mitad (52 %), son residuos orgánicos. El 84 % de la población cuenta con recolección de residuos y más de dos tercios (69 %) se eliminan en algún tipo de relleno sanitario. Por otro lado, en la región solo se recicla el 4,5 % de los residuos.

En los residuos de construcción y demolición (RCD) se incluye a todo el material sólido residual del proceso constructivo y mayoritariamente de la demolición, y en su composición incluyen a: Suelos de excavación, escombros cerámicos, concreto, yeso, madera y asfalto (EPA, 2019). El promedio global de residuos de construcción y demolición es de 1,68 kg per cápita por día (World Bank, 2018). La gestión de los RCD requiere una mayor transformación donde los factores políticos, sociales y económicos juegan un papel importante, y los modelos de reciclado dependen de la infraestructura y entorno construido que será modificado o demolido (EPA, 2020). Por ejemplo, Colombia (Colombia, 2017) reglamentó la gestión integral de RCD; se estima que en Bogotá el 97 % de los RCD provienen de obras medianas y grandes, mientas el 3 % restante de pequeñas obras domiciliarias (< 5 m3), estos RCD están compuestos en un 80 % por suelo de excavación (Sora, 2016).



1.3.4 Movilidad

La movilidad urbana sostenible engloba una gran cantidad de servicios e infraestructura de transporte urbano (sendas, vías y carreteras, ferroviarios, marítimas y fluviales, teleféricos), permitiendo a los habitantes el acceso a bienes, servicios (educación, hospitales), al trabajo y a actividades sociales con un costo y tiempo de traslado razonable. La transformación cultural requiere dejar la dependencia del automóvil, donde el transporte público multimodal acompañado de modelos orientados al peatón y a las sendas de bicicletas, están comenzando a ser utilizados como soluciones económica, ambiental y socialmente aceptables (ONU-Habitat, 2016).

Para 2018, se reconoce que el 53 % de los residentes urbanos de 227 ciudades de 78 países del mundo, tienen un acceso adecuado al transporte público, con altos porcentajes de hasta el 75 % de la población en los países desarrollados (USA, Canadá, países en Europa y Oceanía). Las ciudades de ALyC incluidas en el estudio, sólo el 50 % de la población tiene acceso al transporte público. Un gran esfuerzo queda por delante para construir un sistema de transporte sostenible y accesible, particularmente a los sectores más vulnerables.

1.4 Disminución del riesgo de desastre de las aglomeraciones urbanas

Los efectos económicos y sociales de los desastres naturales son exacerbados en las ciudades debido a la población creciente y el déficit de los sistemas de infraestructura. Por esta razón, las ciudades deben enfocarse en la prevención de los riesgos y en mejorar las respuestas a los desastres para aumentar su resiliencia ante terremotos, olas de calor y frío, inundaciones y sequías. La reducción del riesgo de desastres es una de las estrategias mundiales para disminuir las muertes y la pérdidas de bienes (Gencer et al., 2018).

El riesgo de desastre sobre una ciudad es una medida de la probabilidad y la severidad de los efectos adversos sobre la población, salud, bienes o medio ambiente que puede causar un evento. La evaluación del riesgo involucra la probabilidad que una amenaza se transformen en un evento, la afectación de los bienes tangibles e intangibles amenazados y la vulnerabilidad de esos bienes expuestos (Van Westen, Van Asch & Soeters, 2006). Actualmente existen diversas metodologías para analizar, medir y gestionar el riesgo presente en el territorio. Por ejemplo, el Servicio Geológico Colombiano para movimientos en masa o la Secretaria de Desarrollo Urbano Agrario, Territorial y Urbano de México (ONU-Habitat & Gobierno de Mexico, 2019), utilizan una metodología basada en el análisis, cálculo y evaluación del riesgo. El análisis del riesgo identifica las amenazas sobre los bienes (el hábitat, el medio natural, el paisaje y la parte sociocultural) presentes en el territorio, las cuales se jerarquizan para cuantificar y comparar, y se clasifica la vulnerabilidad de los ítems expuestos a las amenazas identificadas, asignando un valor de fragilidad, con el cual se realiza una jerarquización de la vulnerabilidad para cada amenaza. El cálculo del riesgo cuantifica los daños en general y los valora económicamente para cada elemento identificado y afectado por una amenaza; luego se evalúa el riesgo de un desastre de forma sistémica tomando en cuenta todos los bienes de la ciudad para distintos escenarios probables y así determinar los efectos sobre la vida y bienes de la población para generar un mapa de riesgo. Finalmente, con los datos obtenidos se toman decisiones para disminuir la exposición o lograr un nivel de daño tolerable sobre la población o los bienes de acuerdo a los eventos analizados.

El riesgo surge de la presencia de una amenaza (fenómeno natural o antrópico) existente o potencial que puede ocasionar daños a la vida, la infraestructura o la matriz productiva de la sociedad constituyéndose en un desastre (CENAPRED, 2004: 19). El fenómeno natural puede ser geológico (terremotos, volcanes, tsunamis), geo-climático (movimientos en masa, avenidas torrenciales e inundaciones) o hidrometeorológicos (frentes fríos y calientes, lluvias intensas, sequías, huracanes-tornados, nevadas), mientras que los fenómenos antrópicos son químico-tecnológicos o socio-organizativos. Los peligros geológicos son imprevisibles, los geo-climáticos (como los movimientos en masa y las crecidas excepcionales de ríos por lluvias extremas) son estimables, mientras que los peligros hidrometeorológicos son frecuentes y previsibles. Una vivienda acorde y obras de infraestructuras civiles bien diseñadas, construidas y mantenidas son esenciales para disminuir el riesgo de colapso y de esta manera reducir el impacto económico y social del desastre en las ciudades.

ALyC es la segunda región más propensa a desastres en el mundo. Desde el 2000, 152 millones de latinoamericanos fueron afectados por 1205 desastres (inundaciones, huracanes y tormentas, terremotos, sequías, aludes, incendios, temperaturas extremas y eventos volcánicos) (ONU – noticias, 2020). En la región se han experimentado 75 terremotos con un resultado de 226.000 muertos y 339.000 heridos; estos fenómenos han afectado alrededor de 14 millones de personas y han ocasionado daños de hasta 54 mil millones de dólares. Las condiciones geográficas y geológicas de Sudamérica y de América Central hacen de estas subregiones las más vulnerables ante estos eventos por encontrarse dentro de la zona denominada como “cinturón de fuego del pacífico”, zona caracterizada por volcanes activos y terremotos frecuentes. Desde el año 2000, la costa occidental de Sudamérica es una de las regiones con más sismos a nivel mundial y también de elevada magnitud (> 8,0 en la escala de Richter). Los países con mayor riesgo de terremotos son: Chile, Ecuador, Perú, Guatemala, Costa Rica, El Salvador y México.

En la **Tabla 1.2** se informan los mayores eventos sísmicos en orden de magnitud de mayor a menor ocurridos desde el año 2000 a la fecha.

Tabla 1.2. Terremotos con mayor magnitud ocurridos desde el año 2000 en ALyC.

REGIONES Y CIUDADES AFECTADAS	País	Fecha	Magnitud [Richter]	Pérdidas en Millones de U$S	Muertos
Concepción, Chillán, Talca, Curicó, Santiago, Valparaíso, Temuco, Rancagua, Isla Juan Fernández	Chile	27/02/2010	8.8	30,000	520
Arequipa, Moquegua, Tacna, Mollendo, Lima, Camaná	Perú	23/06/2001	8.4	300	115
Salamanca, Santiago de Chile, Valparaíso, Islas Juan Fernández	Chile	16/09/2015	8.3	800	15
Iquique, Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta	Perú	01/04/2014	8.3	900	7
Pisco, Chincha Alta, Paracas, Ica, Lima, Canete, La Punta, El Callao	Chile	15/08/2007	8.0	600	595
Norte Grande (Iquique)	Chile	13/06/2005	7.9		12
Manabí, Pedernales, Manta, Portoviejo, Esmeraldas, Guayas, Guayaquil, Pichincha, Quito	Ecuador	16/04/2016	7.8	1.500	
El Salvador	El Salvador	13/01/2001	7.7		827
Colimba	México	23/01/2003	7.6		29
Puebla, Morelos, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Veracruz y Tlaxcala (México) y Guatemala	México, Guatemala	19/09/2017	7.1	2,300	98
Puerto Principe, Petionville, Jacmel, Carrefour, Leogane, Petit Goave, Gressier	Haití	12/01/2010	7.0	8,000	159.000

En la **Figura 1.9** se observa una vista geográfica de los eventos más relevantes en el período 1980-2018. En este período se registraron 1271 eventos, de los cuales el 58,1 % corresponden a eventos hidrológicos, el 20,7 % a eventos meteorológicos y el 10,6 % a eventos geofísicos y climatológicos; en la **Figura 1.10** se observa el número de eventos, las pérdidas económicas y las fatalidades asociadas a estos eventos en Sudamérica donde se identifica claramente la diferencia entre los porcentajes de cada tipo de evento, y que presenta un patrón distinto al de América Central y el Caribe.

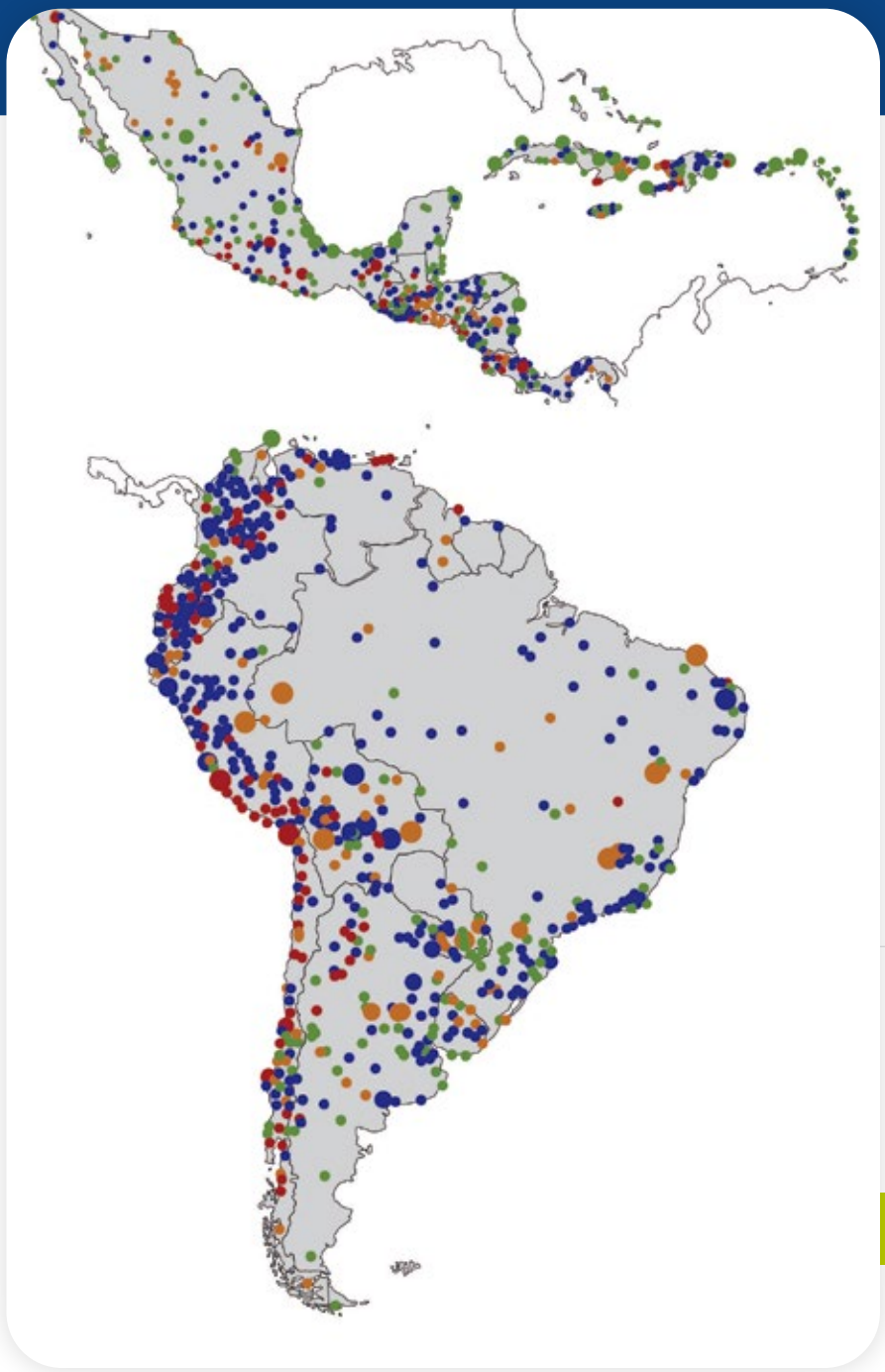


Figura 1.9. Inventario de los eventos naturales relevantes en ALyC en el periodo de 1980 - 2018 (https://natcatservice.munichre.com/).

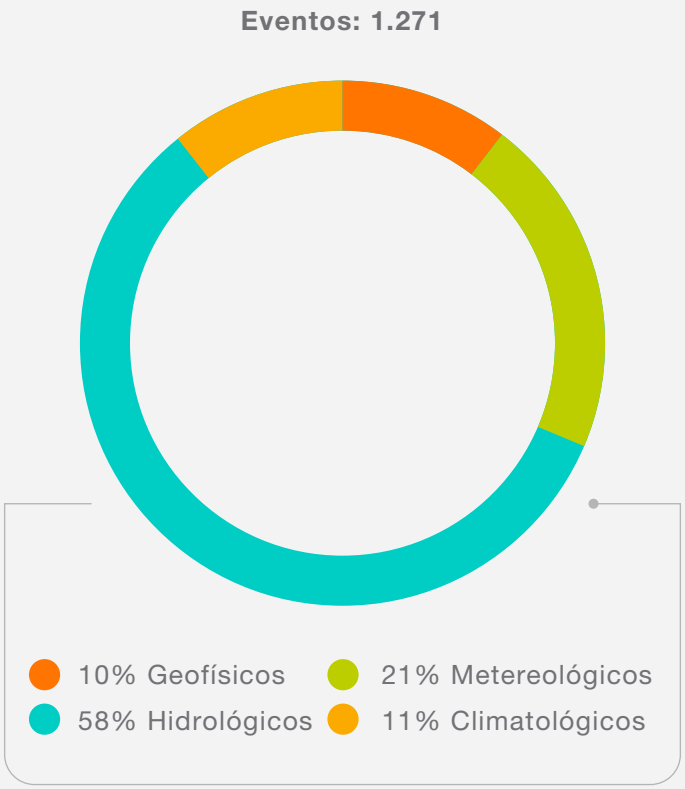


Figura 1.10. indicadores correspondientes a los eventos presenciados en Sudamérica en el período 1980-2018. (https://natcatservice.munichre.com/).

Para un clima cambiante y la elevada concentración urbana, un nuevo marco de toma de decisiones es necesario para gestionar los riesgos emergentes y crecientes de las ciudades. Esto implica un cambio de paradigma en la atención del clima, cuyo pronóstico están solamente basados en eventos pasados. El nuevo paradigma requiere integración, evaluaciones de riesgo e intervenciones basadas en un sistema que abordan los riesgos actuales y futuros en toda el área urbana.

El riesgo de desastre se puede prevenir, reduciendo el peligro y/o la vulnerabilidad de las personas y/o bienes, en otras palabras, atenuando la exposición y/o la sensibilidad y/o aumentando la capacidad adaptativa de los agentes afectables. La urbanización concentra la población, la infraestructura y la actividad económica exacerbando la vulnerabilidad frente a eventos extremos, siendo necesario que cada

ciudad cuente con su mapa de peligro, y realice acciones para prevenir y mitigar la vulnerabilidad. Los asentamientos informales son los ecosistemas urbanos más frágiles y el riesgo crece debido a su elevada vulnerabilidad.

Por ejemplo, el riesgo de que personas mueran por el colapso de los edificios a causa de un terremoto **puede prevenirse** haciendo una construcción sismo-resistente (minimizando el peligro de colapso), reduciendo la exposición de las personas y los bienes al colapso, o educando a los ocupantes sobre las medidas de evacuación y distribuyendo medidas de seguridad para aumentar la probabilidad de supervivencia ante un colapso. Por ejemplo, el terremoto de Haití de 2010 representó el 98 % de las muertes, el 89 % de los heridos y el 27 % de los afectados por terremotos en todo el Caribe en las últimas dos décadas; estas cifras son el resultado de una edificación e infraestructura no resiliente. Según el Banco Mundial (2018), Haití era un país con una elevada tasa de crecimiento de la urbanización, pero ese crecimiento no fue acompañado con una adecuada planificación e inversión urbana en sistemas de transporte y en estructuras resilientes acordes a las condiciones de su entorno, causando una elevada vulnerabilidad de sus habitantes. Por otro lado, Chile a partir de las experiencias de los grandes terremotos sufridos, ha implementado **códigos de construcción más rigurosos** con el fin de obtener infraestructuras más resilientes frente a este tipo de desastres, **disminuyendo el impacto de los eventos (ONU, 2018).**

El peligro puede prevenirse hasta un cierto grado con la alerta temprana, pero la acción principal debe estar en reducir la vulnerabilidad. Ésta tiene diversos componentes del entorno como son: la localización de la población en zonas de riesgo (zona de inundación, laderas inestables, costas bajas); el uso de técnicas inadecuadas de construcción de edificios e infraestructura básica en zonas de riesgo; y las modificaciones del ecosistema causados por acción antrópica, como es caso de la deforestación que favorece las inundaciones, los movimientos en masa, las avalanchas y las sequías. Otros componentes son de orden socio-culturales (baja cohesión social, creencias, violencia, educación) y también de orden institucionales como son la toma de decisiones en gobiernos centralizados, la politización de la gestión pública, y la inercia e ineficiencia burocrática del gobierno.

La sostenibilidad y el cambio climático se entrelazaron explícitamente en las principales **acciones políticas de la Nueva Agenda Urbana (ONU-Hábitat, 2017).** Como ejemplo, se informa que a nivel mundial las pérdidas en viviendas se deben un 42 % a las inundaciones y un 25 % a los terremotos.



1.5 Consideraciones finales

La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, incluyen al desarrollo de ciudades y comunidades sostenibles como uno de sus **objetivos globales (ONU, 2019)**, de la misma manera en la 21a Conferencia de las Partes (COP21) de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), celebrada en París en diciembre de 2015, las ciudades fueron reconocidas como actores clave tanto en la mitigación, como en la adaptación, abarcando el desarrollo de bajas emisiones y resiliencia. En las ciudades, la vivienda **debe contar con servicios básicos (agua potable y saneamiento, desagües, electricidad, etc.)** y debe estar conectada con infraestructura de vías de comunicación y espacios comunes. Para estas obras también se requiere de materiales de construcción apropiados para lograr estructuras sostenibles, resilientes y durables.

Los tomadores de decisiones en las ciudades deben atender a esta nueva agenda relacionada con una gama de riesgos a corto y largo plazo, siendo algunos atribuidos al cambio climático y otros al crecimiento de las ciudades. Actualmente, varias iniciativas contribuyen con los gobiernos municipales a abordar sus necesidades para construir resiliencia urbana y reducir riesgos de desastres. Entre ellos, los **"Diez elementos esenciales"** implementados por la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR), han proporcionado a los gobiernos municipales herramientas prácticas e indicadores para construir su resiliencia.

El Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Hábitat) y su Programa de Perfiles de Ciudades resilientes (CRPP, por sus siglas en inglés), es otra iniciativa que provee a los gobiernos herramientas para medir y aumentar la resiliencia de las ciudades ante las múltiples amenazas a las que se enfrentan (ONU-Hábitat, 2016). De la misma manera, la Fundación Rockefeller cuenta con la iniciativa **“100 Ciudades Resilientes”**, la cual se enfoca en la construcción de resiliencia a través de la colaboración directa con los gobiernos municipales (Fundación Rockefeller, 2016).

La industria del cemento se une al desarrollo de estos esfuerzos, reconociendo **la importancia de las alianzas público-privadas efectivas** y proporcionando el material base para el desarrollo de la infraestructura que requieren las ciudades sostenibles y resilientes.

1.6 Referencias

- Balk, D., Montgomery, M. R., McGranahan, G., Kim, D., Mara, V., Todd, M., … and Dorélien, A. **(2009)**. Mapping urban settlements and the risks of climate change in Africa, Asia and South America. Population Dynamics and Climate Change, 80.

- BID. **(2012)**. Un espacio para el desarrollo- Los mercados de la vivienda en América Latina y el Caribe. Fondo de Cultura Económica. Retrieved from: https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Un-espacio-para-el-desarrollo-Los-mercados-de-vivienda-en-América-Latina-y-el-Caribe.pdf

- Colombia **(2017)**. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Resolución 427. https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/3a-RESOLUCION-472-DE-2017.pdf

- DANE **(2018)**. Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Censo nacional del población y vivienda 2018, Colombia. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018/donde-estamos

- Daude, C., Fajardo, G., Brassiolo, P., Estrada, R., Goytia, C., Sanguinetti, P., … Vargas, J. (2017). RED **2017**. Crecimiento urbano y acceso a oportunidades: un desafío para América Latina. Bogotá: CAF. Obtenido de http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1090

- EPA. **(2019)**. Advancing Sustainable Materials Management: 2017 Fact Sheet. Assessing Trends in Material Generation, Recycling, Composting, Combustion with Energy Recovery and Landfilling in the United States, November 2019. https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-11/documents/2017_facts_and_figures_fact_sheet_final.pdf

- Estupiñan, N., Scorcia, H., Navas, C., Zegras, C., Rodríguez, D., Vergel-Tovar, E., … Vasconcellos, E. **(2018)**. Transporte y Desarrollo en América Latina (Vol. 1). CAF- Banco de Desarrollo de América Latina. Las. Obtenido de https://www.turismo.gob.ec/wp-content/uploads/2016/04/LEY-ORGANICA-DE-TRANSPORTE-TERRESTRE-TRANSITO-Y-SEGURIDAD-VIAL.pdf

- Floater, G., Rode, P., Robert, A., Kennedy, C., Hoornweg, D., Slavcheva, R., … Gomes, A. (2014). Cities and the New Climate Economy: the transformative role of global urban growth. The New Climate Economy, NCE-01(November), 1–70. Obtenido de http://eprints.lse.ac.uk/60775/1/NCE%20Cities%20Paper01.pdf

- Gencer, E., Folorunsho, R., Linkin, M., Wang, X., Natenzon, C. E., Wajih, S., … Panda, A. **(2018)**. Disasters and Risk in Cities. In Climate Change and Cities (pp. 61–98). https://doi.org/10.1017/9781316563878.010

- Group, W. B. **(2016)**. Investing in Urban Resilience: Protecting and Promoting Development in a Changing World. World Bank. Obtenido de http://elibrary.worldbank.org/doi/book/10.1596/25219

- IPCC. **(2014)**. Cambio climático 2014: Informe de Síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

- Kaza, S., Yao, L. C., Bhada-Tata, P., Woerden, F. Van, & Van Woerden, F. **(2018)**. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050 (Urban Deve). Washington, DC: World Bank. https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0 Cover

- OECD. **(2015)**. The Metropolitan Century: Understanding Urbanisation and its Consequences. https://doi.org/10.1787/9789264228733-en.

- ONU.Notícias (2018) https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2018/01/23/five-reasons-why-haiti-should-invest-in-resilient-cities)

- ONU-CEPAL. **(2009)**. Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: una reseña. Naciones Unidas, Santiago de Chile.

- ONU-Habitat. **(2012)**. Estado de las ciudades de América Latina y el Caribe 2012: Rumbo a nueva transición urbana. https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/Estado%20de%20las%20Ciudades%20de%20Am%C3%A9rica.pdf

- ONU-Habitat. **(2015)**. World Atlas of Slum Evolution. ONU-Habitat (Vol. 31). Nairobi, Kenya: ONU-HABITAT. Obtenido de www.unhabitat.org

- ONU-Habitat. **(2016)**. Reporte Ciudades del Mundo 2016: urbanización y desarrollo. futuros emergentes. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Habitat). Obtenido de https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/WCR-2016-WEB.pdf

- ONU-Habitat. **(2017)**. Nueva Agenda Urbana. United Nations. Obtenido de http://urbanhabitat.com.ar/data/Planear el Barrio.pdf

- ONU-Habitat, & Gobierno de Mexico. **(2019)**. Guía metodológica estrategia municipal de gestión integral de riesgos de desastres. Un paso a paso desde la identificación de riesgos hasta la reconstrucción. México.

- ONU. **(2015)** Asamblea General 18/09/2015, Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, A/70/L.1

- ONU **(2018a)**. The World 's Cities in 2018. The World's Cities in 2018 - Data Booklet (ST/ESA/SER.A/417).

- ONU **(2018b)**. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. Online Edition.

- ONU **(2019)**. The Sustainable Development Goals Report – 2019. New York, NY, United States of America: United Nations.

- Sora, M. J. **(2016)** Metodología de gestión ambiental de RCD en ciudades de América Latina, Fundación ENT, Barcelona, España.

- Van Westen C.J., Van Asch, T.WJ. & Soeters R., **2006**. Landslide hazard and risk zonation why is it still so difficult? Bull. Engineering Geol. Environ. 65, 2, 167-184.

- WHO/UNICEF. **(2017)**. A snapshot of Drinking Water, Sanitation and Hygiene in the Latin America and the Caribbean Region, (September), 1–16.



CAPÍTULO

02

El problema de

Sostenibilidad y resiliencia en las ciudades latinoamericanas

EL problema de **sostenibilidad y resiliencia en las ciudades latinoamericanas**

"Si bien la contribución de la región a las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero es solo del 11,8 % (aunque en ascenso), es altamente vulnerable a los efectos del cambio climático, tales como el aumento del nivel del mar, enfermedades, pérdida de especies, entre otros. La vulnerabilidad de la región no sólo está dada por el aumento de la frecuencia y magnitud de eventos climáticos, sino por la creciente y cada vez mayor exposición de los diferentes sistemas (poblacional, agrícola, pesca, turismo) a dichas amenazas. Ante este panorama, las economías de la región se enfrentan a la necesidad de contar con mayores recursos financieros y tecnológicos para adaptación y mitigación a los efectos del cambio climático. " …. El 35 % de la población es pobre, en tanto que, el 14 % se halla en situación de indigencia. Éstos carecen de servicios esenciales lo que los hace vulnerables a los cambios ambientales"

(ONU-CEPAL, 2009)



2.1 El cambio climático: Acuerdos y protocolos a nivel de estados

La Organización de las Naciones Unidas lidera los esfuerzos para salvar vidas y proteger el planeta. En 1992, la Cumbre para la Tierra generó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático **(CMNUCC)**, posteriormente ratificada por 197 países, con el objetivo de proteger el sistema climático de la interferencia humana. En 1995 los países iniciaron las negociaciones para fortalecer la respuesta mundial frente al cambio climático. En 1997 se firmó el Protocolo de Kyoto que obliga a los países desarrollados (las Partes), que son parte de éste, a cumplir metas de reducción de emisiones. El primer compromiso del Protocolo comenzó en 2008 y finalizó en 2012. Con un conjunto de medidas, las Partes se comprometieron a reducir, en promedio, un 5 % las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) tomando como referencia las emisiones de 1990. Luego de casi **10 años de vigor**, se consiguió una reducción de las emisiones GEI de las Partes, aunque no todos lo cumplieron y resultó una limitada reducción de la contaminación. El segundo período de compromiso comenzó en 2013 y termina en 2020, del cual participan 192 países, incluidos todos los países de América Latina y el Caribe (ALyC). En 2015, durante la 21ª Conferencia de la CMNUCC en París,

las Partes alcanzaron un acuerdo histórico con el objetivo de combatir el cambio climático y acelerar e intensificar las acciones y las inversiones necesarias para un futuro sostenible con bajas emisiones de carbono. El Acuerdo de París agrupa a todas las naciones bajo una causa común: combatir el cambio climático y adaptarse a sus efectos. El principal objetivo del Acuerdo de París es reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático manteniendo el aumento de la temperatura mundial en este siglo por debajo de los 2 ˚C con respecto a los niveles preindustriales y proseguir con los esfuerzos para limitar aún más el aumento de la temperatura a 1,5 ˚C. Actualmente hay **184 países firmantes** del Acuerdo de París (UN, 2020).



En 2019 se realizó la Cumbre sobre Cambio Climático, que se enfocó en sectores clave de las actividades humanas donde la acción puede generar una mayor diferencia para el cambio climático (industria pesada, soluciones ecológicas, ciudades, energía, resiliencia y finanzas). Al cierre de la Cumbre, el Secretario General de la ONU solicitó la ejecución de más planes concretos, más ambición, más países y más negocios: “Necesitamos que todas las instituciones financieras, públicas y privadas, elijan de una vez por todas, la economía verde” (UN, 2020).

Los informes del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) (IPCC, 2007; IPCC, 2014) muestran que la evidencia compilada a través de mediciones directas y teledetección revelan que el cambio climático causa el aumento de las temperaturas atmosféricas y oceánicas, cambia los patrones de precipitación, reduce los volúmenes de hielo y nieve, aumenta el nivel del mar y cambia los patrones de los fenómenos climáticos extremos. Estas evidencias también muestran que las actividades antropogénicas son la causa principal del calentamiento global, entre ellas, las actividades de las ciudades representan más de la mitad de la energía primaria consumida y de las emisiones de CO_2 (IPCC, 2015).

La región de ALyC es responsable de sólo una pequeña fracción (12.5 %) (PNUMA, 2010) de las emisiones globales de CO_2, sin embargo, es una de las regiones más afectadas por los efectos del cambio climático, debido a su ubicación geográfica, a la existencia de estados insulares y zonas costeras bajas, por depender de los deshielos andinos para el suministro de agua, y por estar expuesta a inundaciones e incendios forestales, entre otras particularidades. Esta situación también se agrava por un mayor grado de vulnerabilidad de su población y por la necesidad de un mayor desarrollo económico para satisfacer las necesidades de los habitantes.

2.2 El efecto del cambio climático en ALyC: Posibles afecciones sobre la población

Basados en los modelos de simulación y escenarios del informe del IPCC (IPCC, 2007; IPCC, 2014), la **Tabla 2.1** sintetiza los efectos con mayor probabilidad que podrían ocurrir sobre las zonas urbanas a nivel global en ausencia de medidas de adaptación al cambio climático.

ALyC es una de las regiones más expuestas a los fenómenos pronosticados por el cambio climático. Las ciudades latinoamericanas se ven afectadas repetidamente por las lluvias intensas, los ciclones, la sequía y el fenómeno de El Niño/La Niña, mientras que las ciudades costeras se verán afectadas por el aumento del nivel del mar. El Niño y La Niña son un fenómeno climático global causados por cambios cíclicos en la temperatura del agua del Océano Pacífico. Cada evento de El Niño (ENOS) o La Niña dura aproximadamente **9 a 12 meses**, y su recurrencia es de dos a siete años. El Niño generalmente se asocia con la sequía, mientras que La Niña está vinculada al aumento de las lluvias torrenciales e inundaciones. Estas perturbaciones climáticas han tenido un grave impacto en la seguridad alimentaria y la producción agrícola, afectando los medios de vida, la salud, la seguridad hídrica y el saneamiento de la región conocida como el Corredor Seco en América Central (Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Honduras, Costa Rica y Panamá) en 2018.

Tabla 2.1. Efecto del cambio climático sobre las zonas urbanas

Fenómenos y tendencias del cambio climático	Efectos sobre las zonas urbanas
En la mayoría de las regiones terrestres, los días serán más templados; los días y noches frías serán más escasos; los días y noches cálidas se incrementarán.	Disminución de la demanda de energía para calefacción, mayor demanda de energía para refrigeración, deterioro de la calidad del aire en las ciudades, reducción de las interrupciones del transporte debido a la nieve o al hielo, efectos sobre el turismo de invierno.
Aumento de la frecuencia de los periodos cálidos y/o olas de calor en la mayoría de las regiones terrestres.	Deterioro de la calidad de vida de las personas que habitan en áreas cálidas sin una vivienda adecuada, impacto sobre los ancianos, los niños y las personas en condición de pobreza. Aumento en la demanda de agua.
Aumento de la frecuencia de precipitaciones intensas en la mayoría de las regiones.	Afección de los asentamientos urbanos, áreas comerciales, sistemas de transporte debido a las inundaciones; presión sobre una mayor inversión en la infraestructura urbana y rural; pérdida de bienes.
Aumento de las áreas afectadas por la sequía.	Escasez de agua para los asentamientos poblados, el comercio y las industrias; reducción del potencial de generación de energía hidroeléctrica; posibles migraciones de la población.
Aumento de la actividad e intensidad ciclónica tropical.	Trastornos causados por crecidas y vientos huracanados; denegación de seguros en áreas de elevado riesgo; posibles migraciones de la población; pérdida de bienes.
Aumento del nivel del mar (excluidos los tsunamis).	Mayor demanda de infraestructura de protección costera, costos de reubicación y del uso de la tierra; posible desplazamiento de la población y la infraestructura.

La Figura 2.1 muestra los cambios de temperatura registrados en América Latina y el Caribe durante el período 1906-2005, y en la **Tabla 2.2** se presentan las proyecciones de aumento de la temperatura del presente siglo de acuerdo con algunos de los escenarios utilizados por el IPCC (IPCC, 2014). Las temperaturas han aumentado entre 0,7 y 1,0 °C desde mediados de la década de 1970, y las proyecciones indican un aumento de 1,0 a 4,0 °C para el año 2050 en la parte continental de Latino América y de 0,8 a 2,5 °C en el Caribe. En los distintos escenarios, el incremento de la temperatura proyectado es más confiable que las proyecciones de precipitación o el aumento del nivel del mar (Shepherd, 2014).

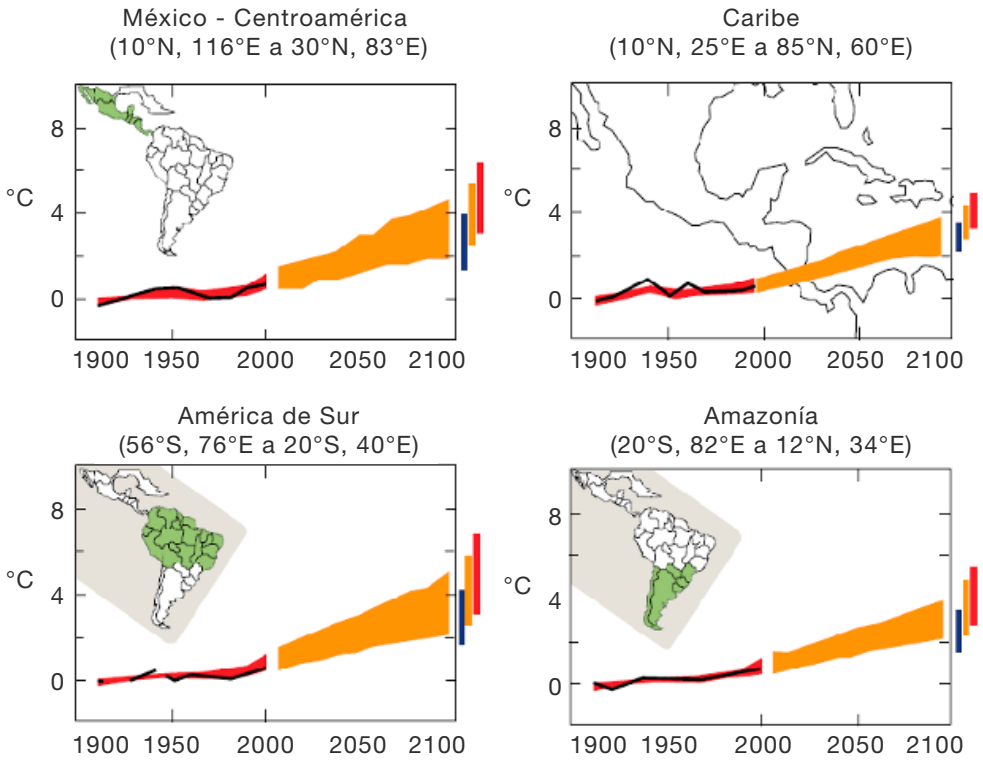


Figura 2.1 Registro histórico 1906-2005 y proyecciones 2001-2100 de la variación de la temperatura en ALyC (IPCC, 2007)

Fuente: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), ***Climate Change 2007 - The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC***, Cambridge University Press, 2007.

Nota: Las observaciones de la temperatura en el período 1906-2000 están representadas por la línea de color negro y su simulación, por la franja de color rojo de fondo. Con resultados simulados mediante modelos climáticos que incluyen forzamientos naturales y antropogénicos, se obtuvieron los resultados para el escenario A1 PAR 2001-2100, que corresponden a la franja más gruesa de color naranja. Las tres líneas de color al final del mapa representan el intervalo de los cambios proyectados de 2091 a 2100 en los escenarios B1 (azul), A1B (naranja) y A2 (roja). La línea punteada de color negro indica las observaciones que presentan menos del 50% del área señalada en la década correspondiente.

Tabla 2.2. Proyecciones del aumento de la temperatura y la variación de las precipitaciones en ALyC (IPCC, 2007)

		2020	2050	2080
Cambio de la temperatura (°C)				
Caribe*		0,5 a 1,1	0,8 a 2,5	0,9 a 4,2
Mesoamérica	Estación seca	0,4 a 1,1	1,1 a 3,0	1,0 a 5,0
	Estación Húmeda	0,5 a 1,7	1,0 a 4,0	1,3 a 6,6
Amazonia	Estación seca	0,7 a 1,8	1,0 a 4,0	1,8 a 7,5
	Estación Húmeda	0,5 a 1,5	1,0 a 4,0	1,6 a 6,0
América del Sur	Invierno (JJA*)	0,6 a 1,1	1,0 a 2,9	1,8 a 4,5
	Verano (DEF*)	0,8 a 1,1	1,0 a 3,0	1,8 a 4,5
Cambios en el nivel de precipitaciones, %				
Caribe*		-14 a +14	-36 a +34	-49 a +30
Mesoamérica	Estación seca	-7 a +7	-12 a +5	-20 a +8
	Estación Húmeda	-10 a +4	-15 a +3	-30 a +5
Amazonia	Estación seca	-10 a +4	-20 a +10	-40 a +10
	Estación Húmeda	-3 a +6	-5 a +10	-10 a +10
América del Sur	Invierno (JJA)	-3 a +3	-12 a +10	-12 a +12
	Verano (DEF)	-3 a +5	-5 a +10	-10 a +10
***JJA = Junio-Julio- Agosto y DEF = Diciembre-Enero-Febrero**				

En Centroamérica y Amazonía, las precipitaciones se caracterizan por marcadas variaciones estacionales, y la mayor parte de los territorios sufren de una estación seca, seguidas por lluvias torrenciales que agravan la erosión de los suelos. Estos fenómenos son muy afectados por El Niño y La Niña. En el sureste de América del Sur, las precipitaciones anuales han aumentado y han caído en el centro-sur de la costa oeste. La región ha experimentado cambios en la variabilidad climática e impactos significativos en las precipitaciones extremas, aunque muchos de estos fenómenos no son necesariamente atribuibles al cambio climático **(Magrin, 2015;IPCC, 2013)**. Esta variación de las precipitaciones también provoca sequías, afectando la producción agrícola y la subsistencia de varias regiones de Centroamérica debido a su susceptibilidad a estos fenómenos extremos (World Bank, 2020).

Entre otros factores, las lluvias torrenciales también contribuyen a los desastres generados por los procesos dinámicos en la superficie de la tierra, como son los movimientos en masa en terrenos de alta pendiente, los aludes y avenidas torrenciales, que son desprendimientos de lodo y rocas debido a precipitaciones intensas o represamientos de la escorrentía que se deslizan a gran velocidad por quebradas secas y/o causes intermitentes de poco caudal arrastrando piedras y troncos. Como ocurrió recientemente en Mocoa-Putumayo-Colombia (2018) con 336 muertos o en Salgar-Antioquia-Colombia (2015) con 83 muertos, o tan extremos como en Armero-Tolima-Colombia (1985) con 23.000 a 25.000 muertos.

El aumento de los ciclones de alta intensidad, la reducción de la tierra cultivable y la pérdida de las regiones bajas son sólo algunas de las posibles consecuencias para ALyC, si las temperaturas globales aumentan 4 °C para 2100, según el estudio del IPCC (IPCC, 2014). El daño ambiental será irreparable, si se aumenta al doble el objetivo internacionalmente reconocido del 2 °C.

En la región de Centroamérica y el Caribe, las tormentas son cada vez más frecuentes e intensas categorizadas por la velocidad de viento, el aumento de las precipitaciones y la mayor marejada que producen. Las tormentas tropicales débiles (vientos menores a 80 km/h) también son dañinas por los aguaceros torrenciales (intensidad de precipitación de hasta 320 mm/h) que provocaron inundaciones repentinas y movimientos en masa afectado especialmente a la población más vulnerable. El incremento de la frecuencia de los eventos extremos también impide la recuperación de las ciudades. Desde 2000, los países de la región más afectados por las tormentas han sido Cuba, México y Haití con 110 tormentas, 5.000 muertes, 29 Mhab afectados y U$S 39 mil millones en daños totales (ONU-OCHA, 2019). La mayor proporción de muertes (85 %) se registraron en Haití, el país más vulnerable.

La población urbana localizada en zonas costeras también representa un reto en el manejo del desarrollo urbano y en la atenuación de los efectos del cambio climático. Cerca del 180 Mhab de ALyC viven a menos de 100 km de la costa en casi 420 ciudades (Barragán & de Andrés, 2016). Sin embrago, los habitantes que viven en la zona de baja elevación costera (< 3 m) son 7,5 Mhab en 2010 según el estudio de la Universidad de Cantabria para CEPAL (ONU-CEPAL, 2012a). Para 2100, un ascenso del nivel del mar de 1 m corresponde a una proyección en los escenarios de cambio climático considerados en este estudio y afectaría a 5 Mhab. La población afectada en mayor proporción se localiza en el Caribe (2,5 a 3,5 %), Sudamérica (0,8 a 1,5 %) y América Central (0,5 a 0,8 %). La Figura 2.2 (ONU-CEPAL, 2012b; ONU-CEPAL, ONU, & CEPAL, 2012) refleja los niveles de riesgo en función del daño esperado por habitantes afectados. En general, la costa Atlántica presenta un mayor nivel de riesgo en comparación con la costa del Pacífico. En las costas de Brasil, Guyana y el Caribe oriental existe una gran densidad de puntos con “muy alto riesgo”, así como en Perú y la costa occidental de México sobre el Océano Pacífico. Las islas del Caribe también son categorizadas de “muy alto riesgo” y las ciudades costeras de la región presentan un alto riesgo generalizado en términos de población afectada.

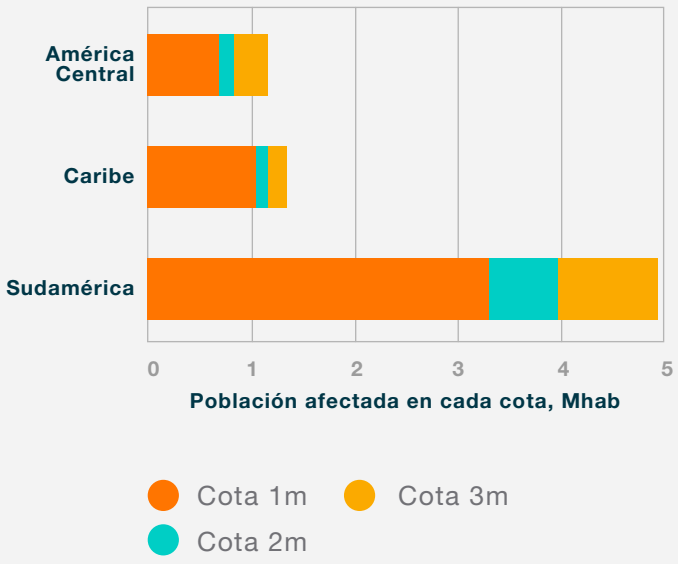


Figura 2.2 Distribución de la población afectada (Mhab año 2010) en la costa en América Latina y El Caribe entre las cotas de 0 y 3 m (ONU-CEPAL, 2012b)

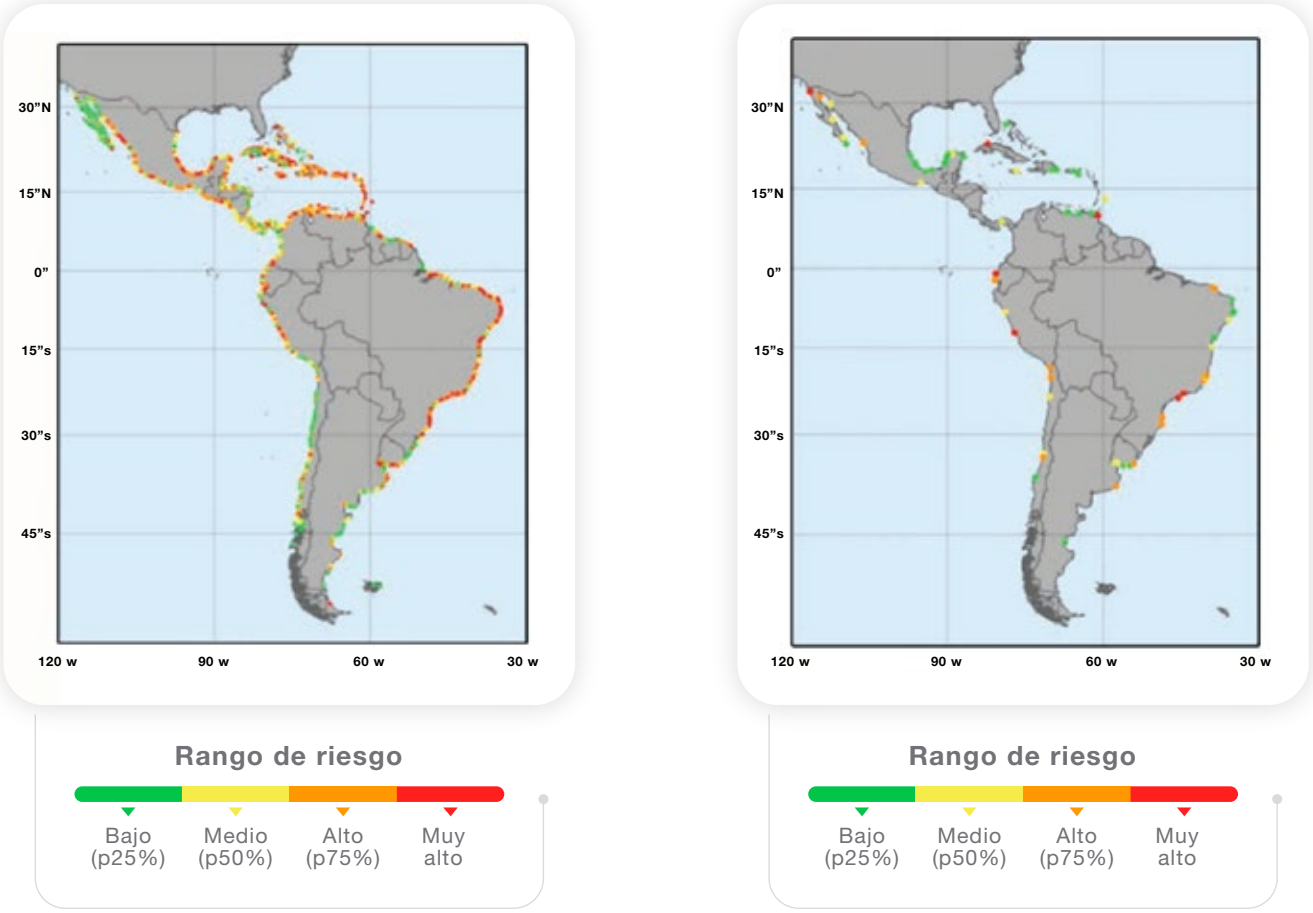


Figura 2.3. **a)** Evaluación del riego en las ciudades costeras por elevación del nivel del mar y **b)** Nivel de riesgo estimado en el nivel de fallo de las obras marítimas en 2040 respecto de 2010 (ONU-CEPAL et al., 2012)

Con respecto a la infraestructura, México, Brasil, Cuba y Bahamas son los países que presentan mayor proporción de tramos de carretera y ferrocarriles posiblemente afectadas por aumento del nivel de mar o inundaciones costeras. Las carreteras son mayoritariamente clasificadas como secundarias, mientras que el ferrocarril se encuentra a partir de los 3 m de elevación, lo que lo hace menos vulnerable (ONU-CEPAL 2012c). Las obras marítimas con mayor nivel de riesgo por el ascenso del nivel del mar, excluidos los huracanes, son los puertos del sur de Brasil, Perú y Ecuador, así como el norte de Baja California (ONU-CEPAL, 2012c).

2.3 Cambio de la frecuencia de eventos hidrometeorológicos y las sequías

En la **Figura 2.4** se presentan los eventos naturales más relevantes en el periodo 1900-2020 que han acaecido en las distintas regiones de ALyC según el registro de EM_DAT (2020). En este periodo se han registrado 2.425 eventos naturales, de los cuales el 46.8 % corresponden a eventos hidrológicos, el 30,1 % a eventos meteorológicos, el 14,9 % a eventos geofísicos y el 8,2 % a eventos climatológicos. De la misma base de datos se obtiene que la mayor pérdida de vidas humanas se corresponde con los eventos geofísicos (terremotos, deslizamientos y avenidas), mientras que las mayores pérdidas económicas están asociadas a los eventos hidrológicos, meteorológicos y climatológicos.

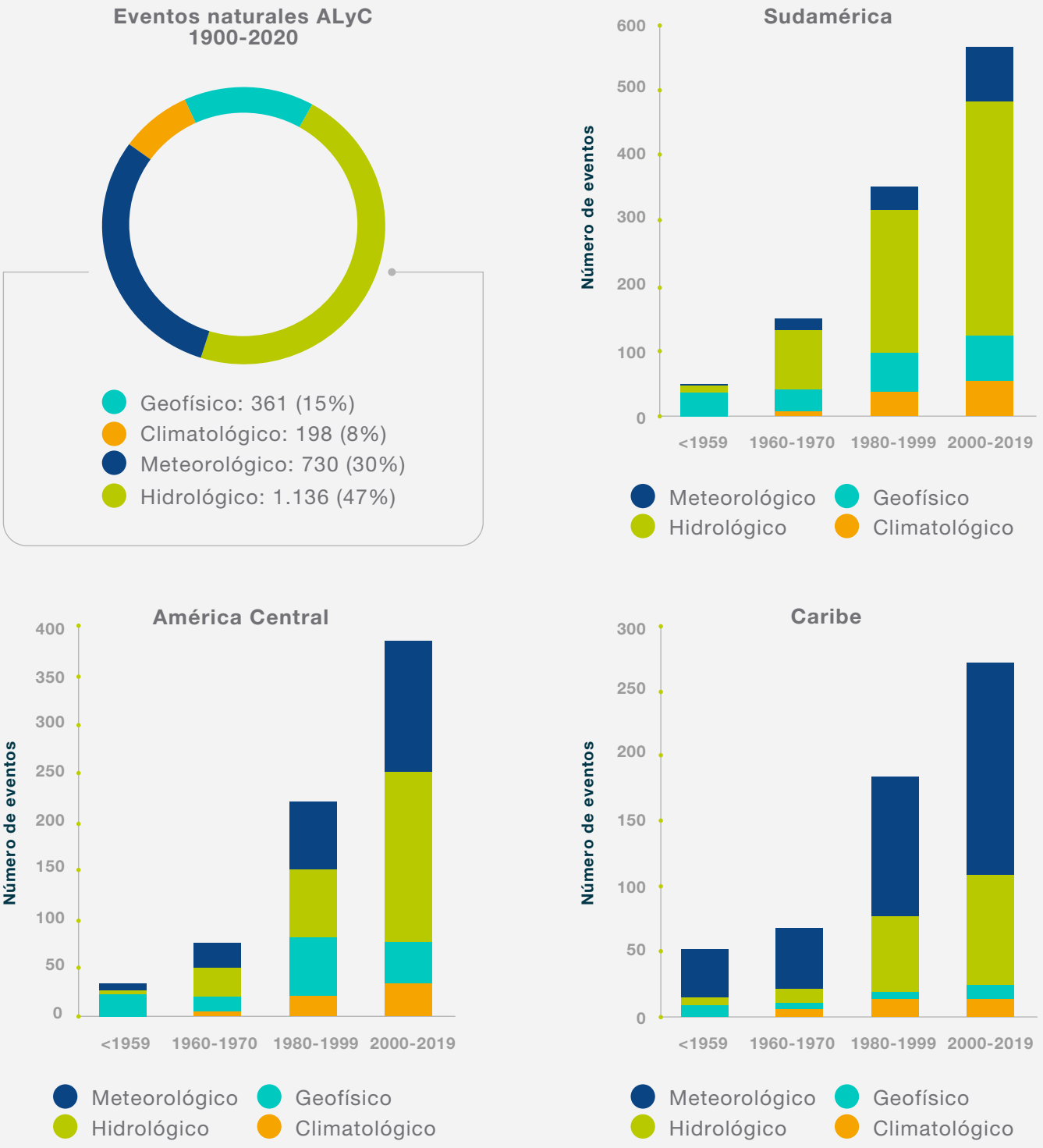


Figura 2.4. Número de eventos naturales relevantes en ALyC en el periodo de 1900 -2020 (EM-DAT, 2020)

Según el informe reciente de la OCHA (OCHA, 2019), ALyC es la segunda región más propensa a desastres en el mundo con 152 Mhab afectados por 1.205 desastres en lo que va de este siglo (2000-2019). Las inundaciones son el desastre más común en la región, siendo Brasil el principal país con mayor población expuesta al riesgo de inundación fluvial. En tanto, las tormentas severas, con un promedio de 17 huracanes por año y 23 huracanes de categoría 5 (2000-2019), afectan de sobremanera a la región del Caribe y América Central. La sequía es el desastre que afecta al mayor número de personas en la región, ya que reduce drásticamente el rendimiento de los cultivos en el centro y este de Guatemala, el sur de Honduras, el este de El Salvador y partes de Nicaragua. En estos países (conocido como el Corredor Seco), 8 de cada 10 hogares en las comunidades más afectadas por la sequía recurren a mecanismos de crisis. Entre los eventos asociados a las lluvias torrenciales, se han registrado 66 deslizamientos en masa en Argentina, Bolivia, Brasil, Costa Rica, Colombia, Perú, Honduras, El Salvador, Nicaragua y México.

Los desastres naturales causados por los eventos hidrometeorológicos son fenómenos de carácter local, que afectan a la economía de ciudad o región y generalmente tiene un carácter dramático e intenso para sus habitantes. Los daños del desastre son consecuencia de la intensidad del fenómeno natural (amenaza) y las condiciones de vida de los asentamientos humanos y la actividad económica (vulnerabilidad). El número de personas afectadas por los eventos extremos en el continente tiende a incrementarse. El aumento de la frecuencia de los eventos requiere que las ciudades estén mejor preparadas y sean más resilientes a los eventos hidrometeorológicos para evitar que el impacto de un evento sea acumulable con en el próximo evento **(Figura 2.4).**

En épocas de sequías es necesario administrar los recursos hídricos (almacenamiento, disminución del gasto, pérdidas de agua, etc.) para aumentar la resiliencia a los desastres generados por eventos hidrometeorológicos. En 1997-1998, El Niño condicionó la economía regional de Centroamérica por la sequía que afectó la producción agroalimentaria, el suministro de agua y energía, y un aumento muy significativo de los incendios forestales. Actualmente, se han implementado políticas para mejorar el pronóstico climático regional, y se ha comenzado a implementar una estrategia regional para la gestión integrada de recursos hídricos (World Bank, 2020).



2.4 Preparando las ciudades e infraestructura para mitigar los efectos del cambio climático

El impacto del cambio climático en las ciudades tiene consecuencias potencialmente graves para la salud humana, los medios de vida y los bienes, especialmente en los asentamientos informales y los grupos vulnerables. Cada ciudad debe valorar las amenazas y los riegos propios de acuerdo a su ubicación y las circunstancias locales para ponderar el impacto específico del cambio climático. Los desastres naturales (huracanes, inundaciones, movimientos en masa, etc.) han afectado a las ciudades, pero su frecuencia o intensidad irá en aumento. Para enfrentar estos desafíos, las ciudades deben desarrollar una planificación del proceso de preparación y ajuste proactivo para construir resiliencia a largo plazo. El primer punto es valorar la exposición y sensibilidad al conjunto de amenazas, y desarrollar políticas receptivas e inversiones que disminuyan la vulnerabilidad de los habitantes.

Una ciudad resiliente está preparada para absorber el impacto de los eventos climáticos existentes y futuros, limitando la magnitud y severidad del daño (ONU-Habitat, 2017), y a su vez es capaz de responder de forma rápida y efectiva, de manera equitativa y eficiente para mitigar el daño causado. Construir resiliencia no sólo requiere la toma de decisiones de la autoridad formal, sino también una fuerte red de relaciones institucionales y sociales que proporcionen una contención segura para las poblaciones vulnerables.

El aumento de la resiliencia en las ciudades implica abordar la reducción de la pobreza y el cumplimiento de las metas de desarrollo sostenible 2030 de la ONU. Las ciudades con “déficit de desarrollo”, tales como: Problemas de vivienda, infraestructura inadecuada y degradación ambiental, tienen limitaciones para crecer y prosperar, pero también se ven limitadas cuando presentan un "déficit de adaptación", es decir aquellas que mantienen alta su vulnerabilidad.

En términos prácticos, los planes de reducción del riesgo de desastres (RRD) y adaptación climática pueden integrarse, considerando que el cambio gradual del clima afecta las operaciones o la vida comunitaria en forma menos inmediata y visible que los desastres naturales convencionales. Cada ciudad, o conjunto de ciudades, debe abordar la adaptación al cambio climático a través de una planificación con políticas desarrollo territorial de largo plazo.

Los esfuerzos de adaptación en las ciudades también ofrecen beneficios para la mitigación del cambio climático global y oportunidades para el desarrollo económico local (Floater et al., 2014; Grafakos et al., 2018). Por ejemplo, las construcciones bioclimáticas proporcionan una mejora del acondicionamiento interno de las edificaciones, que, a su vez, incrementa la eficiencia energética y reduce las emisiones GEI. En términos más generales, la adaptación de una ciudad en busca de la resiliencia y de la confiabilidad de su infraestructura, puede desarrollar el sector productivo, mejorar su competitividad y crear atractivos para inversiones. En otro ejemplo, las ciudades pueden identificar e implementar acciones simples y de bajo costo para aumentar la resiliencia en sus actividades diarias, como es la franja horaria de disposición y limpieza de los residuos sólidos urbanos para evitar las inundaciones localizadas debido a los desagües obstruidos, o la información sobre los caminos de evacuación de emergencia durante una erupción volcánica.

También se debe considerar que, debido a la limitación y competencia por los recursos económicos, las inversiones para las obras de adaptación al cambio climático de las ciudades son más fáciles de postergar sino se ha sensibilizado sobre su necesidad a los dirigentes locales y a la sociedad. Esto hace que la evaluación y priorización de posibles respuestas adaptativas sea aún más importante. Las ciudades pueden aplicar distintas herramientas para identificar y priorizar las acciones adaptativas necesarias, así como también para evaluar la efectividad de estas acciones. Las acciones deben identificar los beneficios sociales o económicos independientes del cambio climático.

El cambio climático afecta en mayor medida a los grupos vulnerables, tales como, los residentes en asentamientos informales, el colectivo de mujeres, niños, ancianos y discapacitados, y las poblaciones minoritarias, por lo cual estos grupos deben participar en la resolución colaborativa de problemas (Magrin, 2015). Para construir resiliencia en estos grupos vulnerables es necesario crear conciencia sobre el impacto específico del cambio climático entre sus habitantes, e incluir a los asentamientos en la planificación y adaptación de la ciudad, fortalecer la administración y regulación de la tenencia y ocupación de tierras, y asegurar los beneficios de los servicios básicos.



El cambio climático tendrá impactos en muchos sectores: uso del suelo, vivienda, transporte público, salud, abastecimiento de agua y saneamiento, residuos sólidos urbanos, seguridad alimentaria y energía. La **Tabla 2.3** resume los efectos del cambio climático sobre distintas respuestas adaptativas en las ciudades. La estrategia de adaptación involucra a las agencias gubernamentales, así como asociaciones amplias que incluyen otros gobiernos, comunidades locales, organizaciones sin fines de lucro, instituciones académicas y el sector privado, entre ellos la industria de la construcción. Para financiar la adaptación al cambio climático se requiere una compleja combinación de fuentes internacionales, estatales y privadas.

Tabla 2.3. Impactos ilustrativos del cambio climáticos en diferentes sectores (OECD, 2018)

SECTOR	Cambios de la temperatura	Aumento del nivel del mar	Patrones cambiantes de precipitación	Patrones cambiantes de tormentas
Desarrollo Urbano	• Mayor demanda de enfriamiento. • Reducción de la demanda de calefacción. • Mayor consumo de energía per cápita.	• Migración. • Afectación de la infraestructura costera. • Inhabilitación del uso del suelo.	• Inundación y aumento del riesgo de inundación. • Cambios en el uso del suelo debido a la reubicación de personas que viven en las áreas expuestas. • Posibilidad de avenidas torrenciales y movimientos en masa.	• Riesgo de sequía. • Inundación. • Daños a edificios. • Muertes y heridos.
Agua	• Mayor necesidad de tratamiento. • Aumento de la evaporación de los depósitos. • Mayor consumo.	• Inundación de la infraestructura costera. • Disminución del estándar de protección ofrecido por las defensas costeras.	• Salinización de los suministros de agua. • Necesidad de mayor capacidad de almacenamiento de agua.	• Mayor riesgo de que los terraplenes de los ríos se desborden. • Daño a los bienes. • Disminución del estándar de protección ofrecido por las defensas contra inundaciones.
Transporte	• Fusión de superficies de carreteras y pandeo de las vías del ferrocarril. • Daños en las carreteras debido al deshielo de las heladas estacionales o del permafrost.	• Inundación de infraestructura costera, como puertos, carreteras o ferrocarriles.	• Interrupción del transporte debido a inundaciones. • Los niveles cambiantes del agua interrumpen el transporte en las vías navegables.	• Daños a la infraestructura, como puentes. • Interrupción del acceso a puertos y aeropuertos.

SECTOR	Cambios de la temperatura	Aumento del nivel del mar	Patrones cambiantes de precipitación	Patrones cambiantes de tormentas
Transporte (continuación)	• Cambio en la demanda de puertos a medida que se abren las rutas marítimas debido al derretimiento del hielo ártico.			
Energía	• Reducción de la eficiencia de los paneles solares. • Salida de servicio de las plantas térmicas debido al aumento de la temperatura del agua de enfriamiento. • Mayor demanda de enfriamiento. • Reducción de la generación de energía hidroeléctrica.	• Inundación de la infraestructura costera, como la generación, transmisión y distribución.	• Interrupción del suministro de energía debido a inundaciones. • Insuficiente agua de enfriamiento.	• Daño de los activos - por ej. parques eólicos, redes de distribución. • Pérdidas económicas debido a cortes de energía.
Telecomu-nicaciones	• Mayor requerimiento de enfriamiento para los centros de datos.	• Inundación de la infraestructura costera, como centrales telefónicas.	• Inundaciones de la infraestructura. • Daño a la infraestructura por hundimiento.	• Daño a la infraestructura de transmisión por encima del suelo, como los mástiles de celulares.

Nota: Esta tabla proporciona una ilustración de los impactos que podrían ocurrir en algunos sectores y en algunas regiones. Los impactos que enfrenta un activo de infraestructura dado dependerán de una variedad de factores, incluida la ubicación: por ejemplo, se prevé que las tormentas aumenten en algunas regiones y disminuyen en otras. Se puede encontrar un análisis más completo en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC.

2.5 Obras para reducir el riesgo de desastres y la conservación de los bienes materiales y humanos

Los efectos del cambio climático pronosticado para **ALyC** afectarán aún más las necesidades de vivienda e infraestructura en las ciudades. La región presenta una realidad de infraestructura y vivienda deficitaria debido a su menor grado de desarrollo siendo entonces más vulnerable a los cambios climáticos. Los esfuerzos e inversiones deberán ser más significativos para alcanzar la resiliencia en conjunto con la consolidación urbana, que proporcione los servicios mínimos y calidad de vida a la población. Los pronósticos son globales e ilustrativos de los cambios esperables, pero resulta muy difícil estimar el sistema climático específico de ciertas regiones, y más aún el impacto local sobre una ciudad o infraestructura determinada (p.e. inundación de una zona, carretera, etc.).



- **Edificios y viviendas:**

Los edificios generan alrededor de un tercio de las emisiones mundiales de CO_2 (Layke y Perera, 2014) y representan más del **36 % del consumo global de energía** (IPCC, 2014). Se incluye en el consumo energético del sector de la construcción la energía para extraer, transportar, procesar los materiales de construcción, construir la edificación, proporcionar los servicios de iluminación, calefacción y refrigeración, ventilación, suministro de agua, entre otros, durante toda su vida útil. La vida útil, desempeño de los materiales, técnicas constructivas, mantenimiento, salubridad y eficiencia energética de las construcciones son puntos cruciales para la nueva agenda de códigos de edificación urbana. En esta vía se requiere determinar el desempeño material y energético de la nueva construcción, pero especialmente modernizar y mejorar el desempeño de los edificios existentes. Por otro lado, es necesario mejorar las condiciones de las viviendas de los sectores más vulnerables, para lo cual se requieren soluciones con materiales disponibles y técnicas constructivas apropiadas a la realidad local, que permitan una mejora del desempeño total de la edificación a lo largo de su vida útil.

- **Infraestructura:**

Según los escenarios utilizados para las proyecciones del IPCC, el cambio climático también afectará a la infraestructura y su operación, dependiendo de la evolución de las emisiones, la exposición y las decisiones de mitigación.



Estas proyecciones globales del cambio climático son ilustrativas de la escala y tipos de situaciones esperables, pero no es posible estimar la probabilidad de lo que ocurrirá sobre el clima a una escala geográfica relevante para el diseño y adecuación de la infraestructura de obras civiles. Los impactos en una obra de infraestructura en particular, como puede ser una carretera o la dimensión de los depósitos de agua potable son más inciertos y específicos al contexto local. Estos impactos variarán significativamente, y en muchas ocasiones pueden llegar a ser severos en la escala local, ya que las tendencias climáticas globales interactúan con diversas condiciones locales y comportamientos futuros de los habitantes.

Por ejemplo, las variaciones en las precipitaciones anuales y en la temperatura media afectan la necesidad de almacenamiento de agua. A su vez, el consumo de agua también será afectado por el desarrollo económico, cambios de población, hábitos de la población y cambios tecnológicos. Así, la planificación y diseño de una infraestructura resiliente no sólo depende de los riesgos que trae aparejado el cambio climático, sino también de las medidas de adaptación y mitigación que se tomen hacia el futuro, considerando nuevos patrones de demanda y de necesidades. Reconociendo esta complejidad, se puede enumerar la demanda de infraestructura en las ciudades vinculada al cambio climático:



Aumentos de la demanda de la energía eléctrica para refrigeración en verano y menor demanda de calefacción en invierno.



Aumento de la demanda de agua potable para el consumo de la población o de agua para riego de cultivos.



Aumento de las obras de drenaje y evacuación de agua para tormentas torrenciales.



Aumento de la capacidad de los depósitos de agua para abordar la precipitación más variable.



Infraestructura de protección y construcción de defensas costeras por el aumento del nivel del mar.



Construcción de disipadores de energía para prevenir las avenidas torrenciales.



Mayor cantidad de viaductos y túneles viales en las zonas de montaña.



Obras como muros de contención, canales de drenaje, pozos para abatir el nivel freático para proteger a las comunidades de los movimientos en masa.

2.6 Consideraciones finales



El cambio climático afecta significativamente la vida, los bienes públicos y privados, el capital cultural y social de las poblaciones urbanas de ALyC. Una respuesta integral de los gobiernos que incluya planes de adaptación de las zonas urbanas para aumentar la resiliencia a los desastres, un compromiso para la reducción del consumo de energía primaria y de las emisiones GEI en las ciudades, permitirán lograr un desarrollo más sostenible.

La planificación territorial y la implantación de infraestructuras eficientes como herramientas de mitigación y adaptación en las ciudades son necesarias y primordiales. Las mejoras en la eficiencia energética de las construcciones reducen el consumo de energía y agua durante su vida útil, a la vez que se requieren respuestas del sector de la construcción en los planes de mitigación y adaptación, lo anterior forma parte de las estrategias propuestas por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2014).

En síntesis, la planificación urbana y territorial, la resiliencia de los edificios e infraestructura a los eventos naturales y el incremento de su vida útil, la durabilidad de los materiales de construcción y el uso de materiales de bajo consumo de energía y emisiones GEI, también forman parte de las soluciones que pueden aportar los materiales cementíceos con apropiada disponibilidad, robustez y durabilidad para producir la adecuación necesaria.



2.7 Referencias

- Barragán, J. M., & de Andrés, M. **(2016)**. Expansión urbana en las áreas litorales de América Latina y Caribe. Revista de Geografía Norte Grande, 149(64), 129–149. https://doi.org/10.4067/S0718-34022016000200009

- EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database - www.emdat.be – University Catholic of Louvain - Brussels - Belgium

- Floater, G., Rode, P., Robert, A., Kennedy, C., Hoornweg, D., Slavcheva, R., Gomes, A. **(2014)**. Cities and the new climate economy: the transformative role of global urban growth. The new climate economy, NCE-01(November), 1–70. Obtenido de www.newclimateeconomy.net

- Grafakos, S., Pacteau, C., Delgado, M., Landauer, M., Lucon, O., Driscoll, P., … Roberts, D. (2018). Integrating mitigation and adaptation. In Climate Change and Cities (pp. 101–138). https://doi.org/10.1017/9781316563878.011

- IPCC **(2007)** Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, y H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América, 996 págs.

- IPCC. **(2014)**. Cambio climático 2014: Informe de Síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- Magrin, G. O. **(2015)**. Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39842/1/S1501318_es.pdf
- OECD. **(2018)**. Climate-resilient Infrastructure. Policy Perspectives. OECD Environment Policy Paper No. 14, (14).
- ONU-CEPAL. **(2009)**. Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: una reseña. Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- ONU-CEPAL. **(2012a)**. Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe: Impactos. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- ONU-CEPAL. **(2012b)**. Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe: Riesgos. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- ONU-CEPAL. **(2012c)**. Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe: Vulnerabilidad y exposición. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- ONU-Habitat. **(2017)**. Nueva Agenda Urbana. United Nations. Obtenido de http://urbanhabitat.com.ar/data/Planear el Barrio.pdf
- ONU-OCHA. **(2019)**. Natural disasters in Latin America and the Caribbean 2000-2019. Clayton, Balboa, Panama.
- PNUMA. **(2010)**. Perspectivas del Medio Ambiente: America latina y el Caribe. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Shepherd, T. **(2014)**, “Atmospheric circulation as a source of uncertainty in climate change projections”, Nature Geoscience, Vol. 7/10, pp. 703-708, http://dx.doi.org/10.1038/ngeo2253.
- World Bank. **(2020)**. Hacia una Centroamérica más resiliente: Pilares para la acción. Washington, DC 20433, USA. Obtenido de https://www.gfdrr.org/en/publication/hacia-una-centroamerica-mas-resiliente



CAPÍTULO

03

Planificación y

gestión de ciudades sostenibles y resilientes

Planificación y **gestión de ciudades sostenibles y resilientes**

"En 35 años se cuadruplicó el promedio de consumo de energía eléctrica (de 427 a 1688 kW hora por habitante). En este contexto, la producción de energía enfrenta serios problemas que tienden a agudizarse. Hay países con marcados déficit que buscan intensificar sus recursos, muchas veces con alto grado de insostenibilidad ambiental, al considerar la gran dependencia de los hidrocarburos para producir energía. La región posee un importante potencial para la generación de energías renovables y la promoción de la eficiencia energética. En un marco de mayor planificación y con patrones de consumo energético más eficientes, se darían las condiciones para formar una plataforma de apoyo al crecimiento económico sin comprometer la sostenibilidad".

(PNUMA, 2010)



América Latina y el Caribe (ALyC) cuentan con poblaciones vulnerables y regiones propensas a los efectos del cambio climático y de los desastres, por lo cual se requiere de una planificación y gestión de las ciudades con una visión sostenible y resiliente (Bárcena et al., 2018; OCHA, 2020). Esto demanda la atención de diversos aspectos, entre ellos: el ordenamiento territorial urbano y rural, la vivienda, el saneamiento y el agua potable, los pavimentos y la movilidad, las energías limpias, las áreas verdes y el microclima, los residuos, el ciclo de vida, las lluvias e inundaciones. En la región encontramos numerosos desafíos relacionados con los aspectos mencionados, pero a la vez existen muchas oportunidades si se actúa a tiempo.

El Marco de Sendai *(Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030*, [s.d.]) tiene como objetivo la reducción del riesgo de desastres hasta el 2030 basado en cuatro prioridades **(Figura 3.1)**, dando continuidad al Marco de Acción de Hyogo (International Strategy for Disaster Reduction, 2007) para 2005-2015 cuyo objetivo es el aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres.



Figura 3.1. Prioridades del Marco Sendai. (Basado en UNSDIR 2016)

Sumado a los factores del cambio climático, la urbanización rápida y no planificada, la gestión inadecuada de las tierras, y los cambios demográficos; el Marco Sendai refuerza las estrategias de reducción del riesgo y mejora de la respuesta a los desastres, la rehabilitación y la reconstrucción. Además, promueve el restablecimiento y la recuperación posterior a los desastres para "reconstruir mejor". La contribución de los materiales a base cementícea se ve reflejada principalmente en la prioridad 4, dado que las obras de prevención a los desastres son tan importantes como las obras de recuperación, rehabilitación y reconstrucción después de la catástrofe. Aquellas son una oportunidad decisiva para "reconstruir mejor".

De acuerdo con las cinco vías hacia la transformación urbana (Cynthia Rosenzweig et al., 2018) y los diez elementos esenciales para hacer que las ciudades sean resilientes a los desastres (Gencer, 2017), se ha aprendido que es crucial integrar la mitigación con la adaptación, así como avanzar en redes de conocimiento, fomentar la resiliencia ante desastres, apuntar hacia el desarrollo y el diseño urbano resiliente, garantizar una respuesta eficaz ante desastres, una recuperación expedita y construir mejor.

En ese contexto este capítulo busca identificar la situación actual y tendencias en ALyC para los aspectos relevantes de la planificación y gestión de ciudades sostenibles y resilientes, y los problemas y soluciones en las que los materiales cementíceos tengan un rol importante. Se realizó una revisión de estudios de caso en la región, en la que se pudo observar que existen estrategias que han sido planeadas y ejecutadas en distintas ciudades y que podrían ser adaptadas en otras localidades con condiciones similares.

3.1 Ordenamiento territorial urbano y rural

El proceso de creciente urbanización en América Latina y el Caribe, particularmente, en las megaciudades y ciudades intermedias, ha ocurrido a mayor velocidad que las respuestas y previsiones necesarias. Como se observa en la **Figura 3.2**, aproximadamente el 80 % de la población latinoamericana vive en la zona urbana, siendo Brasil y México los países con mayor número de personas en las urbes. La población urbana ha aumentado de forma exponencial de 100 a 500 Mhab en los últimos 60 años y continuará creciendo (Libertun de Duren et al., 2018) pero con un cambio de perfil y necesidades (ver **apartado 3.1.1**).

América Latina y el Caribe (ALyC) ha pasado por un proceso de expansión urbana muy rápido calificado como "explosión urbana" y actualmente es la región en desarrollo más urbanizada del mundo. El ápice del crecimiento se dio después de la Segunda Guerra Mundial, y desde 1950 la población de las megaciudades y ciudades extensas (> 5 Mhab) se ha mantenido prácticamente constante y cercana al 20 %. Actualmente, casi el 60 % de la población vive en ciudades de menos de 1 Mhab. El incremento poblacional está ocurriendo en ciudades entre 1 y 5 millones, las cuales requieran especial atención (CEPAL, 2017)

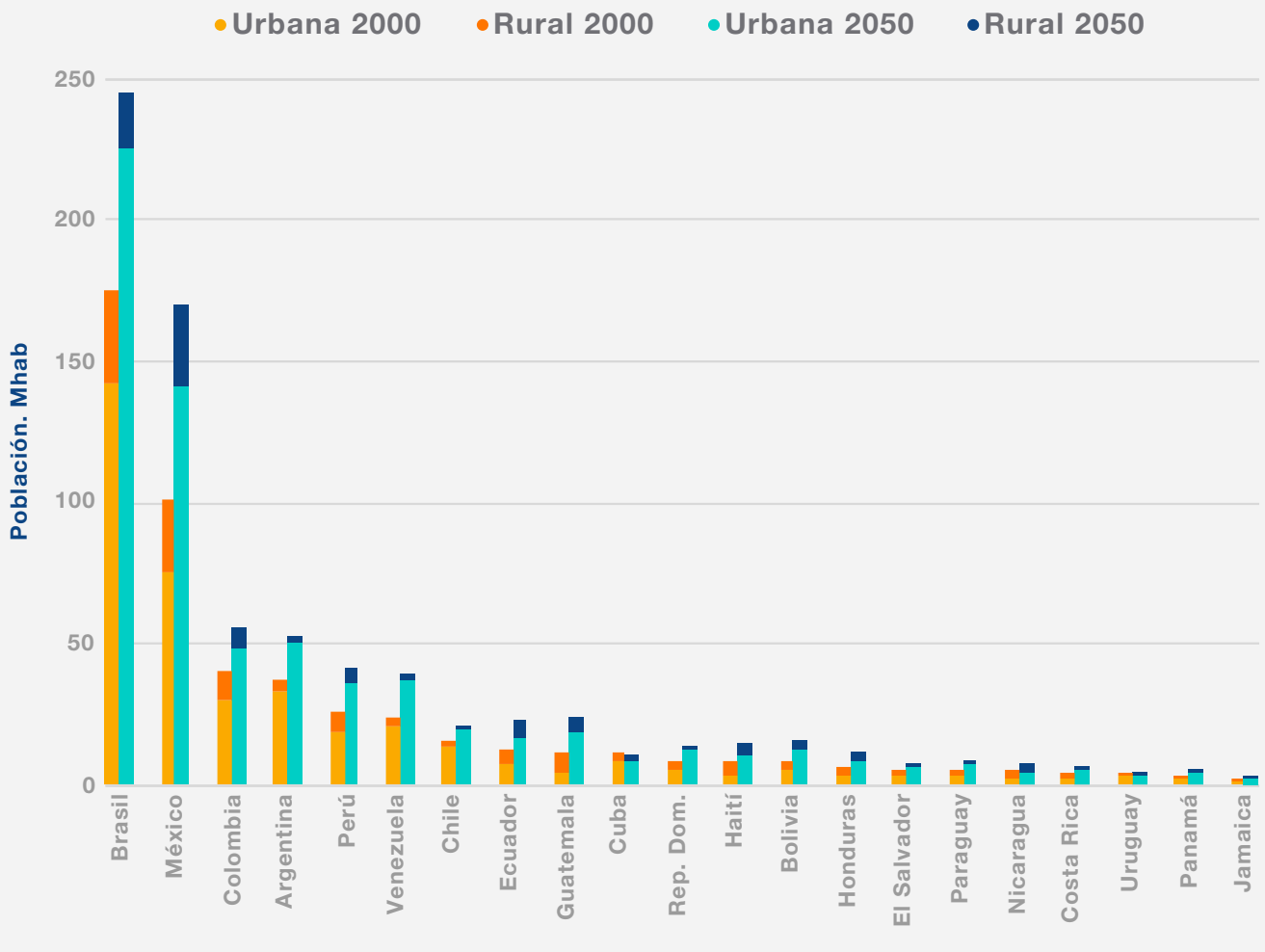


Figura 3.2. Población urbana y rural por país en el 2000 y su proyección para el 2050.
Fuente: (CEPAL CEPALSTAT, 2019).

El ordenamiento territorial integra aspectos físicos, demográficos, sociales, económicos, ambientales, culturales, los servicios básicos, la vialidad, el paisaje urbano, entre otros. En los territorios rurales, la planificación territorial debe ayudar a buscar soluciones para una mejor calidad de vida y para la asignación de recursos de forma equitativa (Cynthia Rosenzweig et al., 2018).

El ordenamiento territorial en todas las escalas (región metropolitana, ciudad, barrio y vivienda) tiene un papel fundamental en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) como acción contra el cambio climático, en el desarrollo sostenible y en la construcción de resiliencia ante los riesgos climáticos (Page et al., 2019). Por lo tanto, se considera que el ordenamiento territorial puede ser la plataforma crítica para respuestas integradas de mitigación y adaptación a dichos desafíos.

Las comunidades resilientes comienzan con una planificación integral, que incluye estructuras robustas con una larga vida útil. Los efectos secundarios de un rápido crecimiento urbano, a menudo espontáneo, son los espacios consolidados no planificado que se transforman en nuevos retos para el ordenamiento territorial que pretenda generar resiliencia en las ciudades.

Entre las estratégicas para el ordenamiento territorial urbano y rural se encuentran propuestas de: regeneración y recuperación de espacios urbanos e infraestructura; integración de las zonas; oferta de servicios públicos; promoción de ocupación de espacios baldíos; reubicación de comunidades vulnerables; creación de espacios seguros; promoción de la escala humana y accesibilidad; urbanismo táctico[1] ; e infraestructura verde-azul[2] (David Groisman et al., 2018; Elgueta et al., 2017; 100 Resilient Cities & Colima Gobierno Municipal, 2019;100 Resilient Cities & Santa Fe Ciudad, 2017;100 Resilient Cities & Prefeitura de Salvador, 2019; Beltrán et al., 2017;Arosemena et al., 2018;Gordon et al., 2019;CDP, 2020a). Algunos proyectos en ejecución son presentados a continuación:

La ciudad de Buenos Aires, Argentina, está invirtiendo en la integración de la ciudad para aumentar la calidad de vida y ofrecer los mismos derechos y oportunidades a los ciudadanos. El proyecto “BA sin barreras” busca mejorar la circulación entre los barrios que están divididos por la red de ferrocarriles y las autopistas urbanas, promoviendo la regeneración y disminución de la fractura urbana, mejorando los espacios a la escala de personas. La acción prevé la apertura de 25 nuevas calles, la construcción de pasos bajo a nivel **(Figura 3.3)**, la elevación de las vías en viaductos, obras de embellecimiento en la parte inferior de los viaductos elevados, nuevos puentes y bajo nivel para la conectividad en el sur, y extender el plazo de concesión de los espacios comerciales bajo las autopistas para promover las inversiones de los arrendatarios (David Groisman et al., 2018). El proyecto “Parque en altura” tiene como objetivo integrar 40 mil personas del Barrio 31, dando acceso a servicios y derechos básicos, por medio de la conversión de una autopista urbana en un parque elevado con áreas verdes, transporte público eléctrico, corredor verde, y un espacio inferior de 34,5 mil m^2 destinado a actividades deportivas, culturales y recreativas. Se estima que el área verde del parque absorberá cerca de 6,5 mil toneladas de CO_2 por año (Gordon et al., 2019).



Figura 3.3. Buenos Aires - eliminación de paso a nivel (Buenos Aires Ciudad, 2015).

[1]El urbanismo táctico “significa el enfoque para construir y activar un vecindario, utilizando intervenciones y políticas a corto plazo y de bajo costo que permitan la recuperación, rediseño o programación inmediata del espacio público, con el objetivo de futuras transformaciones” (Sansão-Fontes et al., 2019).

[2]“Una ciudad azul-verde tiene como objetivo recrear un ciclo del agua orientado de forma natural al tiempo que contribuye a la comodidad de la ciudad al unir la gestión del agua y la infraestructura verde. Esto se logra combinando y protegiendo los valores hidrológicos y ecológicos del paisaje urbano al tiempo que proporciona medidas resilientes y adaptativas para hacer frente a las inundaciones” (Blue-Green Cities Research Project, [s.d.]).

La ciudad de Quito, Ecuador, propone la recuperación del cauce de del río Machángara donde los beneficios son: la protección contra inundaciones, la posible recuperación de la fauna y flora, la cohesión de espacio público y social. El proyecto prevé la creación de un parque lineal, la recuperación de bordes, la limpieza y recuperación de quebradas, una infraestructura de prevención de inundaciones y el saneamiento del río (Beltrán et al., 2017).

La ciudad de Panamá, pone en marcha el "Plan de Acción para la Ciudad Integrada" que propone proyectos de infraestructura en las áreas más alejadas de la ciudad. Con base en un diagnóstico realizado con la participación de líderes comunitarios, se proponen centros culturales y familiares, bibliotecas y espacios para las prácticas deportivas. La participación de los ciudadanos para indicar las obras de infraestructura en zonas deficientes promueve la cohesión social e identidad local (Arosemena et al., 2018).

En la ciudad de Santiago de Chile una propuesta para disminuir los potenciales riesgos, es la habilitación de terrenos baldíos que están en el medio de la ciudad. Esto a través de la creación de espacios públicos transitorios y de encuentros que permitan mejorar el flujo peatonal, la imagen de la ciudad y la seguridad, entre otros. Para esto se deben construir pequeñas plazas (**Figura 3.4**), implementar proyectos de recuperación de espacios públicos deteriorados y la regeneración de los bordes urbanos (Elgueta et al., 2017).



Figura 3.4. – Santiago–Recuperación de espacios públicos, plazas de bolsillo. (100 Resilient Cities & Gobierno Regional Metropolitana de Santiago, 2018)

3.1.1 Densificación de la malla urbana

La población urbana en ALyC presenta una tendencia de envejecimiento, aumento de la expectativa de vida y disminución de la tasa de fecundidad, adicionalmente, en la mayoría de los países con alta población se reduce el aporte de la migración rural-urbana. Consecuentemente, las urbes tendrán un crecimiento vegetativo propio. Esto disminuye la presión sobre el crecimiento urbano y genera oportunidades de planificación que equilibren la desordenada expansión urbana de la primera fase de transición urbana (después de la Segunda Guerra Mundial – ver 3.1) (CEPAL, 2017).

Las directrices internacionales sobre planificación urbana y territorial de la ONU-Hábitat señala que los gobiernos nacionales deben "promover ciudades compactas, regulares y controlar la expansión urbana, desarrollar estrategias progresivas de densificación combinadas con las regulaciones del mercado de tierras, optimizar el uso del espacio urbano, reducir el costo de la infraestructura y la demanda de transporte, y limitar la huella de las áreas urbanas para abordar de manera efectiva los desafíos del cambio climático" (UN Habitat, 2015b).

Las ciudades compactas y la expansión urbana planeada pueden favorecer la conformación de ciudades sostenibles en países desarrollados y en desarrollo. Se puede citar como ventajas: a) mejor uso de la tierra, lo que reduce la dependencia del automóvil, menor avance sobre las tierras productivas y el consumo de recursos no renovables; b) mejora de la accesibilidad a los servicios y comodidades, lo que aumenta los limites económicos dentro de un área determinada; c) aprovechar las ventajas de la aglomeración; d) distancia y tiempo de transporte reducidos; e) mayor inclusión mediante diseño de áreas de uso mixto (Rodrigues, 2017).

La expansión de la mancha urbana conlleva impactos económicos (aumento del coste de gestión a medida de la necesidad de extensión de la infraestructura para locales con menor densidad poblacional) (CEPAL, 2017); sociales (desigualdad en el acceso a los servicios) y ambientales. La ONU-Hábitat considera que las ciudades de rápida expansión traen, en su proceso de urbanización, problemas como el uso ineficiente de la tierra, la alta dependencia del automóvil, la baja densidad y la alta segregación de usos (UN Habitat, 2015a). Uno de los principales retos para el desarrollo urbano sostenible de ALyC son los altos niveles de desigualdad (CEPAL, 2017), que deben disminuir para reducir la vulnerabilidad de los sectores más pobres y fundamentalmente para lograr un mayor desarrollo económico-social que aumente la resiliencia.

La planificación debe enfrentar estos problemas por medio de la proposición de ciudades más densas y eficientes, limitando el crecimiento de la malla urbana (CEPAL, 2017). Las ciudades sostenibles deben tener las características de compacidad, integración y conectividad (UN Habitat, 2015a). La ONU-Hábitat se ha enfocado en las extensiones urbanas planificadas para tratar el crecimiento urbano, principalmente en ciudades intermediarias con rápido crecimiento (Kassim et al., 2015). Además, propone cinco principios directores: espacio adecuado para calles y una red de calles eficiente (la red debe ocupar al menos el 30 % de la tierra y al menos 18 km de longitud de la calle por km^2); uso mixto de la tierra (al menos 40 % de uso comercial); mezcla social (20-50 % para viviendas de bajo costo); especialización limitada en el uso del suelo (bloques de funciones individuales 10 % del vecindario); alta densidad (15 mil personas por km^2, es decir 150 personas/ha o 61 personas/acre)(UN Habitat, 2015a).

La ciudad de Cuenca, Ecuador, presenta un caso contrario a lo que se propone sobre compacidad de las urbes. En la década de 1950, la ciudad podía ser considerada compacta (138 hab/ha en 1950) y con alta calidad de vida, pero paulatinamente, evoluciona hacia un modelo disperso que se expande disminuyendo la densidad de personas (45 hab/ha en 2010). Aunque la ordenanza municipal promueva la densificación, ésta no sucede pues no contempla una política de incentivos. La ordenanza vigente presenta un modelo de ciudad enfocada en el automóvil. Estiman que, si la tendencia de crecimiento poblacional se mantiene, en 2055 sería posible acoger la población en la misma área urbana actual y la densidad bruta no sobrepasaría 119 hab/ha. Pero, si se mantiene el crecimiento y el modelo de expansión dispersa, el área de la ciudad pasaría de 7.248 ha (año 2015) a 19.369 ha (año 2055) (Hermida et al., 2015).

En São Paulo, Brasil, cerca del 61 % de las emisiones GEI son debido a la quema de combustibles fósiles para el transporte, lo que demuestra que además de acciones para mejorar el transporte público es importante la densificación de la ciudad (CEPAL, 2017). Otro ejemplo (**Figura 3.5**), ajeno de América Latina y el Caribe (ALyC), son las ciudades de Barcelona y Atlanta. La primera pose 2.8 millones de personas, 160 km^2 de malla urbana y 43 % de las personas usan transporte público, mientras que la segunda tiene 2.5 millones de personas, la malla urbana con 4.280 km^2 y sólo 5 % utilizan el transporte público. Esto hace que en Atlanta las emisiones por el transporte sean 7.5 t/p.p y en Barcelona 0.7 t/p.p, prácticamente un orden de magnitud de variación (CEPAL, 2017).



Figura 3.5. – Malla urbana de las ciudades de São Paulo (Brasil), Barcelona (España) y Atlanta (Estados Unidos), respectivamente (Estados e Capitais do Brasil, 2020;Pintrest, 2020; Reiring, 2007)

Es importante resaltar que no siempre la creación de espacios con alta densidad poblacional (por ejemplo, para la cobertura de vivienda formal - **Figura 3.6**) son soluciones urbanas ventajosas. Muchas veces el espacio densificado está lejos del centro y carece de acceso a comercios, oportunidades laborales, servicios públicos. Contrariamente, la densificación es una solución desventajosa para el caso de propagación de enfermedades infectocontagiosas. Las ciudades pueden acomodar su expansión a través de estrategias con la densificación, uso mixto, viviendas accesibles, conectividad mejorada, mayor acceso a espacios públicos y oportunidades de empleo (UN Habitat, 2019).

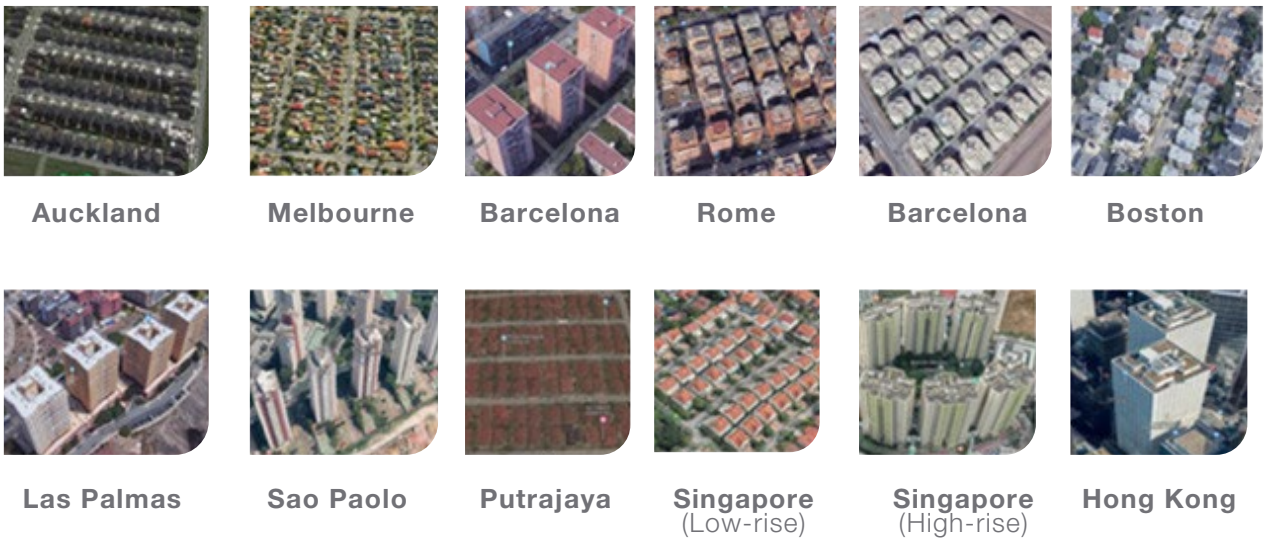


Figura 3.6. Diferentes diseños urbanos de alta densidad poblacional (Ahmadian et al., 2019).

3.2 Vivienda

En América Latina y el Caribe, existe la necesidad de atender una demanda creciente de vivienda. La población latinoamericana que vive en asentamientos irregulares disminuyó de 29 % a 21 % entre el 2000 y el 2015, con distintos índices de acuerdo al país (**Figura 3.7**). Sin embargo, esto aún significa que más de 100 millones de personas viven en este tipo de asentamientos (Caribe, 2019). Para atender dicha demanda, se han desarrollado programas de nuevas viviendas en distintos países de la región, no obstante, en algunos casos se podría atender esta demanda por medio de mejoras en las viviendas existentes (Libertun de Duren et al., 2018). La necesidad de vivienda temporal puede disminuir en gran medida si las comunidades consideran implementar un programa de reparación rápida para la vivienda con adecuaciones relativamente simples para que las personas puedan permanecer en sus hogares y evitar el desplazamiento.

La población latinoamericana ha tenido un incremento en los últimos 70 años de 5 veces y se espera que dicho crecimiento de la población continúe, lo que conlleva una necesidad de vivienda (Libertun de Duren et al., 2018). Países como Bolivia y Haití presentan índices preocupantes de 60 % y 75 % de su población, respectivamente, que se encuentran en viviendas inadecuadas, lo que conlleva un importante desafío en cuanto a atender la demanda de nuevas viviendas y la adecuación de viviendas existentes de la forma más eficiente posible.

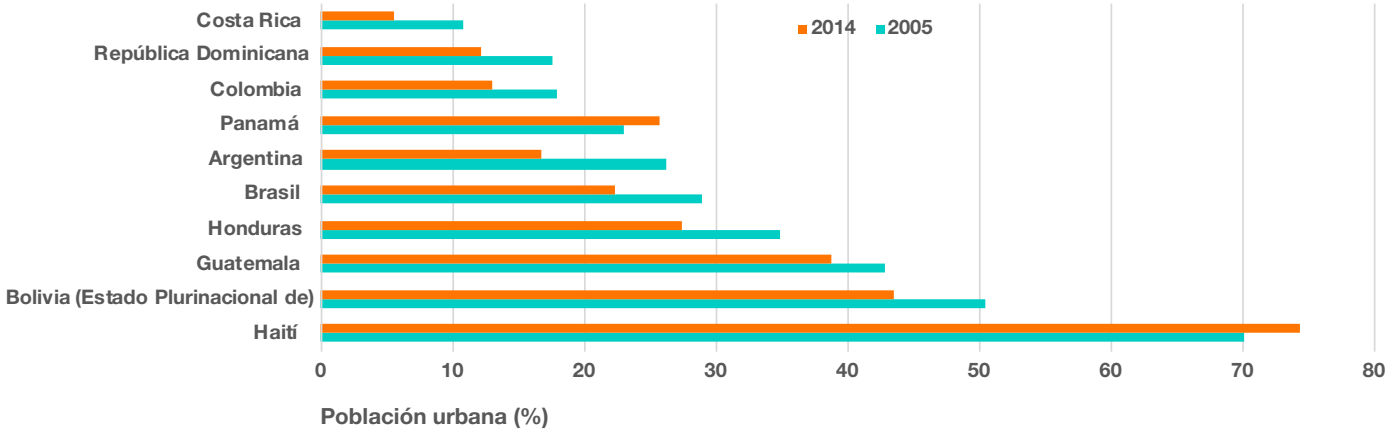


Figura 3.7. Población urbana que vive en barrios marginales, asentamientos informales o viviendas inadecuadas en los años 2005 y 2014 (%). Fuente: (CEPAL CEPALSTAT, 2019).

En muchos casos el desafío en sí no es la falta de viviendas, sino la calidad de las viviendas existentes (Libertun de Duren et al., 2018). Es importante diferenciar el déficit de viviendas cualitativo del cuantitativo. El primero conlleva aspectos como la calidad de los materiales, el acceso a servicios básicos, la ventilación e iluminación, el confort térmico, la resiliencia al cambio climático, la robustez estructural, la durabilidad, la facilidad y capacidad de ampliarse, entre otros. Para disminuir el déficit cualitativo es crucial el mantenimiento periódico de las viviendas y que dicho mantenimiento sea posible desde un punto de vista económico. En tanto, el déficit cuantitativo conlleva la falta de viviendas en su totalidad, para lo que es necesario repensar la vivienda futura y discutir soluciones sostenibles y viviendas resilientes en todas sus dimensiones; considerando la mejora de nuevos proyectos, construcciones con mayor vida útil, mantenimiento, mejoras y modificaciones (retrofit).

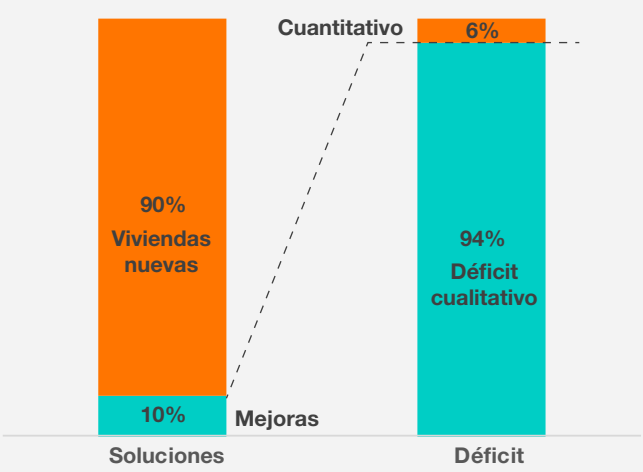


Figura 3.8. El déficit cuantitativo de vivienda solo representa el 6 % del déficit total en áreas urbanas. Sin embargo, el 90 % de las soluciones son viviendas nuevas (Libertun de Duren et al., 2018)

Por otro lado, existe un importante porcentaje de la población que construye su propia vivienda (Libertun de Duren et al., 2018). Para estos casos es necesario el desarrollo de manuales de construcción con materiales locales que permitan llevar a cabo la construcción de la vivienda dentro de un cronograma y presupuesto adecuados y de forma sostenible (Frías, 2017). Además, ésta es una actividad inclusiva que permite a los propietarios desarrollar capacidades técnicas, tener un empleo y así sustentar a sus familias. En este sentido también es necesario considerar la expansibilidad de conjuntos residenciales de manera programada o de la vivienda en sí con subdivisiones internas, por ejemplo.

La vivienda satisface las necesidades más básicas de las personas (Thøgersen, 2017); por lo tanto, la vivienda asequible, resiliente y sostenible es fundamental. Los terremotos acontecen sin previo aviso, los huracanes y tifones son cada vez más instensos y frecuentes en ALyC debido al cambio climático (García, 2019; Leal Filho, 2018; Reyer et al., 2017). Podríamos decir que no es el terremoto o la tormenta lo que perjudica a la gente, sino el colapso de su vivienda mal construida. Los desastres pueden causar daños significativos a los hogares, lo que resulta en una mayor exposición a nuevas amenazas y exacerba aquellas existentes. Dependiendo de su naturaleza y el patrón de daños, los desastres pueden crear desafíos significativos para el sector de la vivienda, incluyendo amenazas a la salud y a la integridad de las personas, y causar el desplazamiento o la necesidad inmediata de viviendas temporales que proporcionan un refugio seguro mientras se reconstruyen las viviendas afectadas. La vivienda resiliente no sólo protegerá vidas y activos en caso de desastre, sino que también mejorará la calidad de vida de las familias vulnerables.

Hay muchas consideraciones y requisitos para reducir los riesgos relacionados con la vivienda, para la construcción de nuevas residencias y la rehabilitación de las residencias existentes (Libertun de Duren et al., 2018). Inicialmente se debe inventariar el stock actual de viviendas y sus vulnerabilidades. Además, se deben evaluar los planes locales, programas o procedimientos para la recuperación de viviendas para identificar las oportunidades y aprovechar los programas existentes. Incentivar el uso de criterios sostenibles y resilientes para la reconstrucción de viviendas, edificios y barrios. Asegurarse de que las unidades nuevas o reparadas cumplan con las normas de vivienda y los códigos de edificaciones aplicables. Los miembros de la comunidad deben participar en el desarrollo de programas de vivienda después de los desastres. Es importante la capacitación de los trabajadores y voluntarios en la identificación y mitigación de los peligros y en la reparación de sus propias casas, así como considerar las necesidades de acceso a la salud y a los servicios sociales durante todas las fases de la recuperación de la vivienda, y las estrategias de construcción resiliente a los desastres (por ejemplo ubicar el espacio habitable por encima de la planta baja en zonas de inundación recurrente). Es importante tener en cuenta que estas acciones deben adaptarse al contexto local.

Los problemas planteados se han enfrentado con numerosas propuestas, en diferentes niveles de actuación, que incluyen: Regularización urbana de lotes, recolocación y reasentamiento de viviendas y familias en situación de vulnerabilidad, promoción de vivienda accesible, rehabilitación de edificios, evaluación y refuerzo estructural de las edificaciones, mejora de la eficiencia energética (termo-tanques y calefones solares, luminarias LED, aislamiento térmico, electrodomésticos eficientes, y otros), empleo de sistema de energía renovables (placas fotovoltaicas, mini planta de energía, estaciones solares, chips de madera, y otros) y, etiquetados y certificaciones de viviendas y edificios (100 Resilient Cities, 2020;CDP, 2020b). Se han encontrado distintas propuestas y estrategias en varias ciudades de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Guatemala, México, Perú, Panamá y Paraguay, las cuales van desde la fase de estudios, hasta propuestas en curso y monitoreo. Algunas soluciones destacadas se mencionan a continuación:

En Quito, Ecuador, hay un programa de relocalización de familias situadas en zonas de riesgo no mitigable. Éste tiene como objetivo, por medio de alianzas público-privadas y planificación participativa, facilitar la disponibilidad de viviendas, con inclusión social, a individuos que necesitan cambiarse a zonas seguras (Beltrán et al., 2017), como acción protectora y preventiva. Medellín (Colombia) y la Triple Frontera (Paraguay, Brasil y Argentina) también poseen proyectos de reubicación de viviendas y/o reasentamiento preventivo en suelo seguro (100 Resilient Cities & Alcadía de Medellín, 2017) (Villamarín et al., 2009).

En Buenos Aires, Argentina, una propuesta en curso prevé implementar hogares y edificios sostenibles en el stock de edificios de la ciudad, a través de “estrategias de promoción e incentivos para el uso eficiente de la energía, la incorporación de energías alternativas, nuevos estándares de construcción que se desprenden del Nuevo Código de Edificación y el reacondicionamiento del parque residencial”(David Groisman et al., 2018), así como también con el desarrollo del Certificado de Edificaciones Sustentables, y una “ventanilla verde” que deben simplificar los trámites de aprobación de proyectos que incorporen soluciones para la sostenibilidad. Como resultado se espera reducir el consumo de energía estacionaria y con ello los efectos del cambio climático (David Groisman et al., 2018).

En Peñalolén, Chile, un proyecto en operación busca disminuir el consumo energético y sus emisiones por medio del mejoramiento del aislamiento térmico de las construcciones de diversas poblaciones de la comuna (CDP, 2020b). La ciudad, en conjunto con otras dos (Temuco y Providencia), cuenta con un pre sello del Programa Comuna Energética (ASE, 2020), con esta iniciativa del gobierno se busca evaluar, calificar y acreditar el grado de desarrollo energético a escala local de una comuna, entendiendo a éste como la capacidad de un municipio para planificar e implementar proyectos que promuevan la descentralización energética con la incorporación de la eficiencia en el uso de la energía y de energías renovables”(EBP, 2016).

En Celaya, México, debido al problema de las quemas a cielo abierto en la población de bajos ingresos para sus fogones y calentamiento del agua, desde el año 2018 la Dirección de Desarrollo Social ha realizado una campaña de instalación gratuita de calentadores solares en las viviendas de personas de bajos ingresos del municipio. En este marco fueron instalados 1.245 calentadores que han sustituido la quema de leña y gas, lo que ha ayudado en la reducción de emisiones de CO_2 (CDP, 2020b).

En la municipalidad de San Martin de los Andes, Argentina, el Programa “Abrigo tu casa”, en operación, tiene como objetivo hacer el diagnostico de eficiencia energética de viviendas e intervenciones en la envolvente cuando sea necesario (CDP, 2020b; RMCC, 2019). Además de este proyecto, la municipalidad cuenta con los programas: “Mejora tu casa”, a través de la cual se brindan microcréditos para la mejora de la eficiencia energética en el hogar; “Biodigestores domiciliares”, que es un proyecto piloto para la instalación de biodigestores que generarán biogás y fertilizante a partir de desechos domiciliares; un programa de educación comunitaria, y “Sistema Inteligente de Residuos Vecinales” (RMCC, 2019).

Gran parte de las estrategias encontradas tratan de promover la eficiencia energética, debido a que las viviendas, en la fase de uso, son responsables de un considerable consumo de energía y emisiones GEI. Sin embargo, se han encontrado propuestas que tratan sobre la estructura de la vivienda como: a) en Quito (Ecuador), un "Programa de reforzamiento estructural" que deberá identificar viviendas vulnerables y reforzar su estructura por medio de trabajo colectivo asesorado por profesionales; b) la propuesta de una "Guía para construcciones nuevas y reforzamiento de construcciones existentes para sectores socioeconómicos de bajos recursos" que prevé la elaboración del manual para edificación, en especial para analfabetos y con un diseño de construcción incremental (Beltrán et al., 2017). La ciudad de Panamá (Panamá) también propone un programa de evaluación estructural, capacitación y construcción en áreas vulnerables, donde se pretende desarrollar una herramienta de evaluación rápida de la vivienda para definir si necesita refuerzo estructural. Adicionalmente, se plantea la formación de oficios y apoyo técnico para obras de asentamientos informales (Arosemena et al., 2018).

3.3 Saneamiento y agua potable



En ALyC, aproximadamente el 25 % de la población utiliza servicios de suministro de agua con algún tipo de riesgo (**Figura 3.9**). Este porcentaje puede llegar al 50 % en países como México, Perú y Nicaragua (**Figura 3.10**) siendo las poblaciones rurales las que se encuentran en situaciones más críticas (CEPAL CEPALSTAT, 2019).

El cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible requiere la cobertura del tratamiento de aguas residuales, incremento de la estructura de drenaje pluvial, optimización y aumento de la capacidad de las fuentes hídricas, institucionalización de los servicios en las zonas urbanas marginales y renovación de los activos de funcionamiento (Gamez, [s.d.]). Para el mantenimiento, mejoras y construcción de dichos sistemas, es indispensable el uso de materiales de base cementícea.



Figura 3.9. Proporción de la población que utiliza servicios de suministro de agua potable gestionados sin riesgos en ALyC entre el 2000 y 2017. Fuente: (CEPAL CEPALSTAT, 2019).

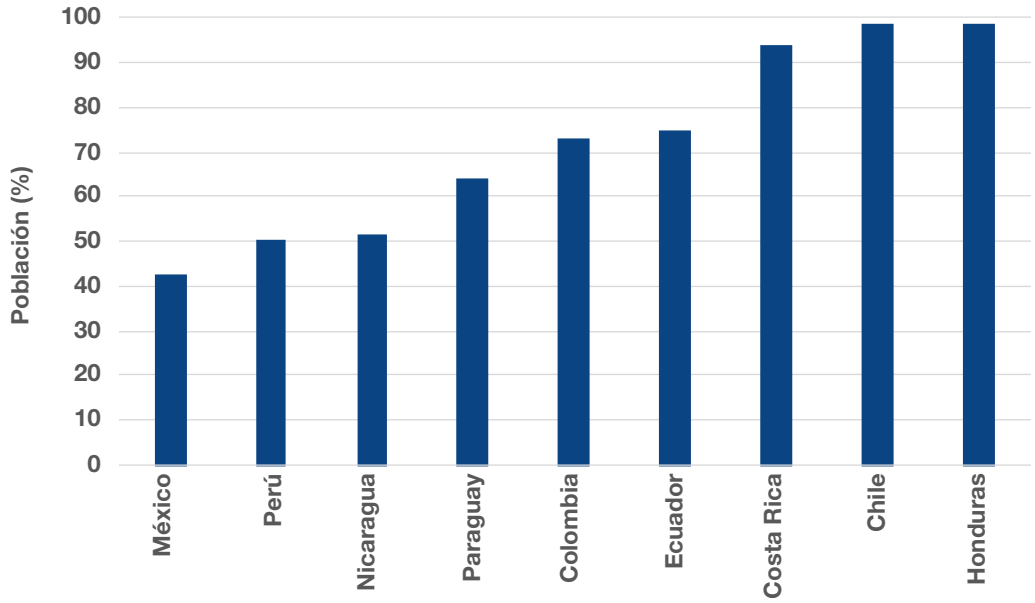
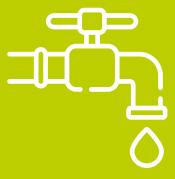


Figura 3.10. Proporción de la población de algunos países latinoamericanos que utilizan servicios de suministro de agua potable gestionados sin riesgo. Fuente: (CEPAL CEPALSTAT, 2019).



Las soluciones para el problema de agua potable y saneamiento son muy variadas en escala, complejidad, principios y alcance de acción. Pueden abarcar desde la protección de nacientes hasta la instalación de micromedidores del consumo de agua, donde cada localidad propone la estrategia según su caso y necesidad.

Entre las soluciones encontradas se encuentran: Recuperación de nacientes, protección de la biodiversidad y ecosistema hídrico, pago por servicios ambientales, programa de riesgo hidrometeorológico, plan hidráulico para enfrentar las inundaciones, agua potable y saneamiento en la zona rural, interconexión de sistemas de agua, monitoreo de bombas de red, eficiencia en la distribución de agua, expansión de desagües cloacales, tratamiento de aguas residuales, recolección y aprovechamiento del agua de lluvia, construcción de pozos artesianos, uso eficiente de agua y micromedición de consumo de agua en las conexiones domiciliarias (David Groisman et al., 2018;Elgueta et al., 2017:CDP, 2020b;100 Resilient Cities & Santa Fe Ciudad, 2017;Villamarín et al., 2009;100 Resilient Cities & Cidade do Rio de Janeiro, 2017;100 Resilient Cities & Santa Fe Ciudad, 2017;100 Resilient Cities & CRO, 2017;CDP, 2020a). Estas soluciones están presentes, en países como Argentina, Brasil, Chile, México, Perú, Bolivia y Paraguay, entre las estrategias destacan las siguientes:

En Tarija, Bolivia, un programa de construcción de obras de captación y almacenamiento de agua en tanques de ferrocemento y tanques de concreto armado para satisfacer las demandas hídricas en la zona rural (CDP, 2020;OTN-PB & GDT, 2014).

En Buenos Aires, Argentina, el Plan Hidráulico reúne medidas estructurales (conjunto de obras) y no estructurales (programas y acciones) para reducir el riesgo hídrico y mitigar las inundaciones en la ciudad. Las medidas no estructurales están compuestas por el mapa de resiliencia urbana de acceso público, el sistema de alerta de tormentas y la sensibilización de la población al riesgo hídrico. Las obras propuestas son dos túneles aliviadores del emisario principal; ampliación de la red pluvial; realización de ramales secundarios y estación de bombeo (David Groisman et al., 2018). En la ciudad de Santa Fe, el Plan de Expansión de Desagües Cloacales prevé la ampliación del servicio a todo el ejido urbano en un plazo de 10 años, beneficiando a 150 mil personas (100 Resilient Cities & Santa Fe Ciudad, 2017).

La ciudad de Santiago, Chile, también posee un plan integral para la gestión del agua. El programa considera proyectos existentes y propuestas que incluyen un sistema de alerta temprana, planes maestros, obras y equipamientos para el control aluvional, un sistema continuo de parques inundables para la infiltración de suelos en quebradas y la adquisición y mantenimiento de equipamiento estratégico como motobombas y estanques (Elgueta et al., 2017).

En Lima, Perú, la compañía de aguas realiza grandes inversiones para la desalinización y transferencia del agua desde el otro lado de los Andes. Pero, entre 2011-2014 la municipalidad desarrolló una estrategia de reducción de demanda de la agua en los distritos de población con mayor poder adquisitivo, y de reducción de la vulnerabilidad en los sectores más humildes de la periferia (UCCRN, 2018).

La ciudad de Campinas, Brasil, posee una iniciativa para la zona rural (**Figura 3.11**). El Programa de Saneamiento Rural Sustentable busca desarrollar obras para la universalización del saneamiento básico y la gestión de las aguas residuales sanitarias. Las acciones empezaron en las Zonas de Protección y Recuperación de Cuencas y englobarán acciones de diagnóstico, capacitación, donación de sistemas de alcantarillado y monitoreo de instalaciones y operaciones (CDP, 2020b;Prefeitura Municipal de Campinas, 2020).



Figura 3.11. –Campinas– Talleres de capacitación para la realización de Biodigestores (Prefeitura Municipal de Campinas, 2020)

En Reconquista, Argentina, una ciudad con 73,2 mil habitantes (Municipalidad de Reconquista, 2020), hay un plan en estudio para la construcción de una Planta de Tratamiento de Efluentes Cloacales cuya intención es el tratamiento de la totalidad de los efluentes de la zona urbana por medio de lagunas de estabilización con procesos anaeróbico y aeróbico (CDP, 2020b).

3.4 Pavimentos y movilidad

Los caminos pavimentados son aquellos con superficie de piedra triturada y aglutinante de hidrocarburos o agentes bituminosos, de concreto o de adoquines, como un porcentaje de todas las carreteras del país, medidas en longitud (Roads, paved (% of total roads) | Data Catalog, [s.d.]). Este indicador representó el 22.45 % en 2009 para América Latina y el Caribe según el Banco Mundial (Latin America and Caribbean - Roads, Paved (% Of Total Roads) - 1990-2009 Data | 2020 Forecast, [s.d.]). El concreto es uno de los principales materiales para la construcción de carreteras e infraestructura urbana (Han et al., 2017) por lo que es importante estudiar y considerar las alternativas de uso sostenible y resiliente de este material.

El Observatorio de Movilidad Urbana del Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) para 29 ciudades latinoamericanas (Vasconcellos & Mendonça, 2016), estima que la infraestructura prioritaria para los ciclistas se incrementó en 2.179 km entre el año 2007 y el 2014, incrementándose así en un 197 %, mientras que a la infraestructura para transporte colectivo se incrementó de 1.049 a 2.083 km. Según este estudio, los modos activos y el transporte público suman el 68 % de los viajes y tienen asignado un espacio vial del 1,2 % y 0,8 %, respectivamente, mientras que los automóviles, taxis y motos corresponden al 32 % de los viajes diarios y tienen asignado alrededor del 98 % del espacio vial.

América Latina y el Caribe cuenta con un sistema de transporte público bastante ineficiente, con dificultad de acceso para la población, lo que conlleva al aumento de vehículos privados y el aumento de la demanda de carreteras por problemas de tránsito (Estupiñan et al., 2018). El desafío en términos de infraestructura y patrones sostenibles es aún más crítico considerando el aumento de vehículos en la región. Como respuesta a dicho desafío, son necesarios nuevos sistemas de transporte público e infraestructuras urbanas, o mejoras de la calidad de la infraestructura existente dentro de lo posible aumentado su eficiencia, sostenibilidad ambiental y garantizando su resiliencia. Al mismo tiempo, las ciudades necesitan avanzar rápidamente para adoptar sistemas que permitan una movilidad segura y asequible para todos.

Las soluciones para la mejora de la movilidad y pavimentos están centradas en propuestas estructurantes de la urbe con planes integrados de transporte (principalmente público); aumento de la infraestructura con la construcción de aeropuerto, transoceánica, metro, tren, metro-cable y carriles; interconectividad entre carreteras, integración urbano-rural, BRT (Bus Rapid Transit); mejora de vías para incentivar el uso de bicicletas y la peatonalización; mejora de la infraestructura para los usuarios; servicios intermodales. También, se proponen estrategias que no están relacionadas con la construcción, como reducción fiscal para vehículos eficientes, billete único, cambio de matriz energética (de combustible fósil a renovable), movilidad eléctrica, verificación de vehículos, cambio y mejora de la flota y seguridad vial. (CDP, 2020b;100 Resilient Cities, 2020;Gordon et al., 2019). Ente los países latinoamericanos que proponen o ya tienen soluciones en curso están Argentina, Chile, Brasil, Colombia, Ecuador, México, Panamá y Perú. Algunas soluciones destacadas en ejecución son:

La ciudad de Santiago de Chile, tiene en marcha un plan integral que abarca acciones para el transporte intermodal, la promoción del transporte público y de la movilidad activa. Algunas acciones están en operación y otras todavía necesitan ser implementadas, como por ejemplo: a) para el transporte intermodal, política de desarrollo de terminales urbanos, interurbanos y rurales; b) para el transporte de carga, construcción de una red de centros de consolidación y distribución; c) para el transporte público masivo, construcción y adaptación de vías existentes a corredores exclusivos, mejoramiento de vías prioritarias, y habilitación, expansión y construcción de líneas de metro; d) para movilidad activa, implementar un sistema intercomunal de bicicletas públicas integrado con sistema de transportes, plan de ciclovías con diseño de alto estándar, estacionamientos públicos para bicicletas, red de 400 km de sendas para peatones y bicicletas, y recuperar espacios para peatones y ciclistas, y promover la peatonalización de subcentros urbanos (Elgueta et al., 2017).

En la ciudad de Panamá, Panamá, está en ejecución el Plan del Centro que busca mejorar la movilidad de forma integral en una zona urbana consolidada. Tiene las siguientes acciones interrelacionadas: generación de espacios públicos, promoción de centro caminable y ciclo inclusivo, mejoramiento de estacionamiento y de la calidad y cobertura del transporte público, integración del Centro Histórico con la cinta costera (Arosemena et al., 2018; Santos, 2017).

El BRT (Bus Rapid Transit) o Metrobús (Figura 3.12) es una estrategia que ha sido utilizada y propuesta por ciudades como Buenos Aires, San Martín de los Andes, Paraná (Argentina), Salvador, Rio de Janeiro, Vitória, Campinas, Goiânia, Teresina (Brasil) Bogotá, Medellín y Cali (Colombia) (CDP, 2020b). Son corredores exclusivos para autobuses que permiten disminuir el tiempo de viaje. La infraestructura física para la implementación está compuesta básicamente de vías (o adecuación de las mismas) y puntos de espera. En Salvador (Brasil) se propone mejorar las ganancias del BRT con autobuses eléctricos (CDP, 2020b).



Figura 3.12. – Niterói – BRT Transoceánica (Neder & Alves, 2019; Pelegi & Aquino, 2019; Stand Online, 2013)

En Niterói, Brasil, la Transoceánica es un importante marco de movilidad para la ciudad que beneficia 125 mil personas y 12 barrios. Con enfoque en el transporte público, posee 9,3 km de extensión, 13 estaciones de autobuses, ciclovía, y túnel. Las obras abarcan suelos, pavimentos, accesibilidad, árboles, macro y micro drenaje. Adicionalmente incluyen aspectos de sostenibilidad como iluminación LED, compensación ambiental del obra con replanteo de especies de la Mata Atlántica en de 45 mil m2 de área y monitoreo de la calidad del aire y del agua de los ríos (Transoceânica & Prefeitura de Niterói, 2020;CDP, 2020b).

3.5 Energías limpias

La urbanización está vinculada al consumo de energía en los países de bajos ingresos, lo cual es el caso de muchas regiones de ALyC. La matriz energética de la región depende en un 75 % de combustibles fósiles (Bárcena et al., 2018), mientras que el 25 % restante corresponde a energías de fuentes renovables, como la energía hidráulica, geotérmica y eólica. Hasta el 2016 en ALyC, las inversiones en curso estaban destinadas en un 60 % a hidroelectricidad. Para aumentar la capacidad instalada de energías renovables es preciso la construcción de represas, torres y otras estructuras que usualmente están hechas de concreto. El desarrollo de infraestructura de forma eficiente y con bajas emisiones de CO_2 es necesaria para atender la demanda presentada por la región de forma sostenible.

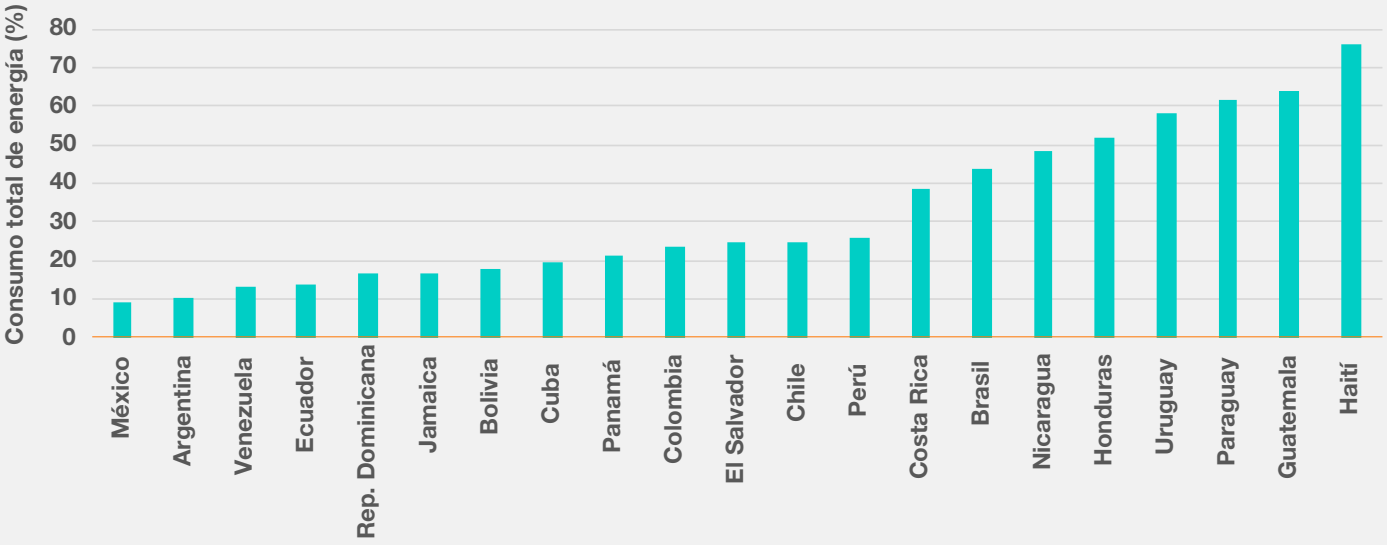
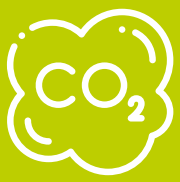


Figura 3.13. . Porcentaje del consumo de energía renovable en 2015. Fuente: (World Bank, 2019)



Las estrategias para cambiar la matriz energética y lograr menores emisiones de carbono por el uso energético abarcan planes de reducción de consumo, mejora de la eficiencia de edificios y certificación, modernización del alumbrado público con luminarias de menor consumo (LED), aprovechamiento de los residuos y de la energía térmica de procesos industriales y, la producción de energía proveniente de biogás, biomasa, minicentrales hidroeléctricas, solar (con placas fotovoltaicas de manera unitaria o en parques/estaciones solares), viento (parques eólicos) y el empleo de termotanques solares. Estas propuestas están en desarrollo de Argentina, Brasil, Chile, Ecuador, México, Paraguay (Villamarín et al., 2009) (100 Resilient Cities & Cidade do Rio de Janeiro, 2017; 100 Resilient Cities & Colima Gobierno Municipal, 2019; 100 Resilient Cities & Prefeitura de Salvador, 2019; Beltrán et al., 2017; CDP, 2020b; David Groisman et al., 2018; Elgueta et al., 2017).

En Santiago, Chile existe un plan de aprovechamiento energético de residuos que está en curso, que fue concebido para expandir y replicar el sistema de producción de energía por la captura de los gases generados en la descomposición de materia orgánica de los residuos sólidos urbanos del relleno sanitario Loma los Colorados, en Til Til. La energía generada por la planta de biogás es inyectada al Sistema Interconectado Central (Elgueta et al., 2017). En tanto, en Quito, Ecuador, la generación de energía eléctrica a partir de biogás del relleno sanitario fue también implementada (CDP, 2020b).

En Santiago, Chile, se propone la ejecución de mini hidroeléctricas, con potencia inferior a 20 MWh, en el río Maipo y sus tributarios, para que aporten electricidad al sistema central de energía (Elgueta et al., 2017). La municipalidad de Peñalolén, Chile, tiene puesta en marcha la mini central hidroeléctrica "Los Presidentes" que aprovecha la caída natural del canal San Carlos y genera electricidad para la comuna (CDP, 2020b; SCMaipo, 2020).

En Patagones, Argentina, es estratégico el aprovechamiento de los vientos y la disponibilidad de superficie para la generación de energía eléctrica de fuente eólica (Figura 3.14). Por esto, hasta 2030 se pretende instalar cinco parques eólicos para la producción de energía (CDP, 2020b). El primero fue el Parque Eólico Villalonga que entró en operación comercial en diciembre de 2018 y se estima que genere 238 mil MWh a.a (Bernardi, 2019).

En Argentina, las municipalidades de Reconquista, Malargüe, Venado Tuerto y Malabrigo tienen proyectos en fase de planeamiento, preimplementación e implementación de parques solares para generar energía por medio de placas fotovoltaicas (CDP, 2020b). En Espigas-Olavarría (Figura 3.14), dos parque solares funcionan desde 2018 (CDP, 2020b; El popular, 2018; Infoolavarria, 2018).

En la ciudad de México, México, los residuos sólidos urbanos inorgánicos, con alto poder calorífico son compactados y enviados a las plantas cementeras, en los que se procede a su valorización energética mediante coprocesamiento en los hornos de clínker. De esta forma, los residuos dejan de ser destinados a rellenos sanitarios y otros tipos de vertederos no controlados, y se transforman en insumo energético de la industria (CDP, 2020b).



Figura 3.14 Imágenes de soluciones para energías limpias en Patagones, Espigas y Santiago; respectivamente (La Nueva, 2017; El popular, 2018;Elgueta et al., 2017)

3.6 Áreas verdes y microclima

Con la población latinoamericana en constante crecimiento (World Bank, 2019), el mantenimiento y la inclusión de áreas verdes[3] es cada vez más importante. Existe una gama de problemas relacionados con las áreas urbanas, como lo son los cambios en el uso del suelo, la contaminación del aire, la contaminación del agua y la disminución de la fauna y flora. Frente a estos problemas, las áreas verdes representan beneficios sociales, ambientales y económicos, contribuyendo al medio ambiente sostenible.

Las áreas verdes tienen conocidos beneficios ambientales como la protección de la biodiversidad, proporcionando hábitats naturales para la fauna y la flora, la retención de la radiación solar, la regulación climática, el filtrado de contaminantes generando aire más limpio. Por lo tanto, cualquier vegetación, grande o pequeña, aumentará la calidad del medio ambiente. Las áreas verdes son excelentes intercambiadores de aire, calor y humedad con el medio ambiente urbano contribuyendo al confort térmico. Los espacios verdes, también a través de la vegetación y las zonas sin pavimentar, proporcionan una forma más ecológica, económica y eficiente de recolección de aguas pluviales. Otro beneficio es la reducción de las islas de calor a través de la refrigeración evaporativa en donde el aire proporciona el calor que impulsa la evaporación, haciendo que el aire pierda calor y enfriando el área circundante.

En cuanto a beneficios sociales, las áreas verdes contribuyen a la salud física y mental de la población. Un gran número de actividades de acondicionamiento físico en áreas urbanas también se llevan a cabo en estos espacios, y se promueve el compromiso comunitario y las relaciones sociales al salir al aire libre. Los habitantes de la ciudad también tienen una necesidad psicológica de estar cerca de la naturaleza por sus efectos terapéuticos como relajación, disminución del estrés y fatiga. Todos estos beneficios contribuyen a la disminución de la morbilidad de la población.

Por último, también devienen de ellos beneficios económicos, dado que aumentan la satisfacción de la población. Las zonas urbanas que cuentan con áreas verdes adquieren un valor agregado en las propiedades; otros beneficios económicos incluyen la producción de alimentos y la reducción de costos de energía debido al uso de aire acondicionado por efecto de la regulación térmica que proveen las áreas verdes ubicadas en zonas urbanas.

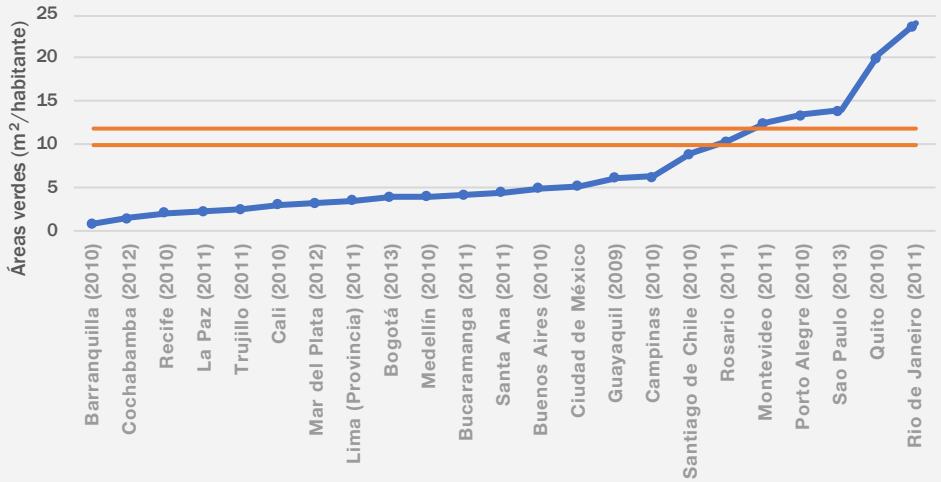


Figura 3.15. Áreas verdes por persona en distintas ciudades latinoamericanas comparadas con el mínimo recomendado por la Organización Mundial de la Salud. Fuente: (Terraza, 2012)

[3] Áreas verdes incluyen cinturones verdes, parques locales, patios traseros, tejados verdes y jardines verticales.

Según (Terraza, 2012), en ALyC encontramos ciudades desde 1 m^2/hab de áreas verdes como Barranquilla, hasta ciudades con 24,1 m2/hab como Rio de Janeiro (**Figura 3.15**). La mayoría de las ciudades en este estudio se encuentran por debajo del mínimo de áreas verdes recomendado por habitante (9 m^2/hab) (Terraza et al., 2016), además, existen amplias variaciones dentro de una misma ciudad, por ejemplo, en Buenos Aires, el promedio es de 5,9 m^2/hab, en algunas áreas de la ciudad, como el Barrio 31, tienen sólo 0,3 m^2/hab, mientras que en otras, como Puerto Madero, tienen 18,6 m^2/hab (Libertun de Duren et al., 2018).

Para mejorar el acceso a áreas verdes y microclima de las ciudades se ha propuesto: Parques de bolsillo, infraestructura verde a lo largo de las líneas de transporte, plan de arbolado, biocorredores metropolitanos, creación de espacios verdes, zonas de preservación, revitalización de zonas verdes (parques, plazas), espacios privados de acceso público, tejados, cubiertas y muros verdes, jardines de lluvias, trincheras de infiltración, reforestación de márgenes de ríos y agricultura urbana (100 Resilient Cities & Prefeitura de Salvador, 2019; Villamarín et al., 2009;100 Resilient Cities & Cidade do Rio de Janeiro, 2017;David Groisman et al., 2018;Elgueta et al., 2017;Beltrán et al., 2017;wri & Ross Center For Sustainable Cities, 2019). Estas soluciones se han planteado en Ecuador, Argentina, Brasil, Paraguay, y Chile.

En São Paulo, Brasil, entre los años 2005 y 2012 un programa municipal creó 133 parques en la ciudad (35,66 millones de m^2 equivalente a 2,4% del territorio). Entre los muchos objetivos del Programa se pueden citar: La prevención de riesgos de inundaciones y erosiones, la mitigación de los efectos de las islas de calor, la creación de opciones de ocio local y la reducción de viajes a parques distantes, el aseguramiento de la permeabilidad del suelo e iniciativas para secuestrar carbono mediante la plantación de 1,5 millones de nuevos árboles nativos del Bosque Atlántico y mejorar las condiciones para la biodiversidad, la generación de espacios de ocio y una distribución más adecuado de áreas verdes en la ciudad (UCCRN, 2018).

En Santiago, Chile (**Figura 3.16**), el promedio de área verde es de 3,4 m^2 por habitante, muy por debajo de lo recomendado, por lo que se ha propuesto la construcción de nuevos parques en áreas vulnerables con conceptos de sostenibilidad. Las acciones para esto abarcan la construcción de siete nuevos parques urbanos, un parque metropolitano y potenciar la Red de Cerros Islas. Además, pretende transformar en parques y reservas nacionales locales de alto valor ecológico el Humedal de Batuco, la Reserva del Río Carrillo y el sector del Río Olivares, y nuevas zonas con potencial (Elgueta et al., 2017).

En Ciudad de México, México, está en ejecución los parques de bolsillo, que ya ha convertido 200 mil m^2 de área abandonada y subutilizada en la urbe en espacios verdes (WRI & Ross Center For Sustainable Cities, 2019). En Buenos Aires, Argentina, está en curso el plan de arbolado urbano y biocorredores metropolitanos, donde el objetivo es la plantación de árboles de manera lineal y en espacios verdes (David Groisman et al., 2018). En las ciudades de Recife, Betim y Manaus (Brasil), León de los Aladamas y Guadalajara (México), Guatemala (Guatemala), Peñalolén y Cerro Navia (Chile), Rio Negro (Colombia) están en operación proyectos de plantío de árboles y generación de espacios verdes (CDP, 2020a).



Figura 3.16. Santiago de Chile – incremento del áreas verdes en la ciudad (Chile Desarrollo Sustentable & Diario Latercera, 2014)

3.7 Residuos sólidos urbanos

A mediados de la década de 1990, surgieron propuestas a nivel mundial para que las industrias proporcionaran bienes y servicios que no comprometieran el medio ambiente. Uno de los principales objetivos era reducir la generación de residuos; éstos, bajo la concepción humana, son cualquier producto al que su propietario decide abandonar o desprenderse, debido a que carece de valor para él o bien que ya no puede ser utilizado para el uso para el cual fue adquirido o creado (Mazzeo, 2012;Nadia Melisa Mazzeo, 2012). Sin embargo, muchas veces estos materiales pueden tener un uso diferente o ser útiles para otras personas. Los residuos generalmente se clasifican de acuerdo con la industria que lo produce, por ejemplo: agricultura, minería, manufactura y municipios.

Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) consisten en todos los materiales que las personas de una región ya no quieren por estar dañados o porque no tienen otro uso o valor, incluidos los residuos domésticos, los residuos de establecimientos comerciales, residuos de las instituciones y de algunas industrias. Desafortunadamente, muchos productos se desechan cuando se descomponen o desgastan, y otros sólo tienen uso temporal.

La región de ALyC generó 231 millones de toneladas de residuos en 2016, con un promedio de 0,99 kilogramos per cápita por día (**Figuras 3.17 y 3.18**) (Silpa Kaza et al., 2020). Estos residuos son principalmente orgánicos, papel y cartón, plásticos, pero también hay importantes cuotas de residuos de vidrio y metal (Figura 3.19). Esto significa que hay un gran potencial para el compostaje y el reciclaje.

La recolección de residuos en la región abarca aproximadamente el 84 %. A nivel urbano, alrededor del 85 % de los residuos se recogen, principalmente a través de sistemas de colecta puerta a puerta. Sólo el 4,5 % se recicla y la mayoría de los residuos van a vertederos, aunque estos son valores generales y pueden variar considerablemente según la ciudad.

Las grandes áreas metropolitanas encuentran un gran desafío en la gestión de sus residuos sólidos urbanos, debido al gran volumen y la necesidad de disponer de destinos adecuados cerca de grandes ciudades. Están surgiendo sistemas de reciclaje y compostaje en toda la región (**Figura 3.19**), aunque el grado de aplicación varía según el país. Algunos están buscando oportunidades para recuperar energía de los desechos a través de métodos como la digestión anaeróbica y la recolección de gases en vertederos que ha surgido como el principal mecanismo de recuperación de energía de los desechos en ALyC. Muchas ciudades están enfocadas en la recuperación de residuos, como por ejemplo, Montevideo (Uruguay), Bogotá y Medellín (Colombia) reciclan más del 15 % de los residuos y Ciudad de México (México) y Rosario (Argentina), compostan más del 10 % de los residuos (Silpa Kaza et al., 2020).

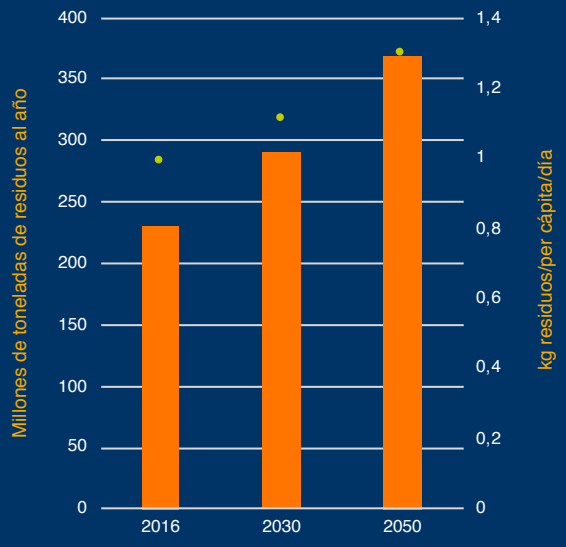


Figura 3.17. Tasas de generación de residuos en ALyC. Fuente: (Silpa Kaza et al., 2020)

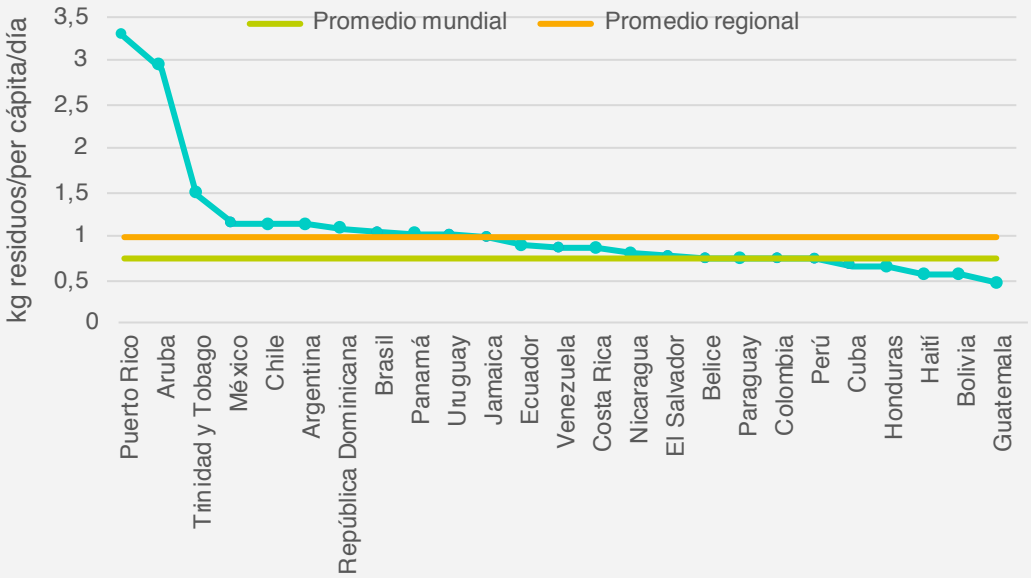


Figura 3.18. Tasas de generación de residuos en ALyC al 2016. Fuente: (Silpa Kaza et al., 2020)

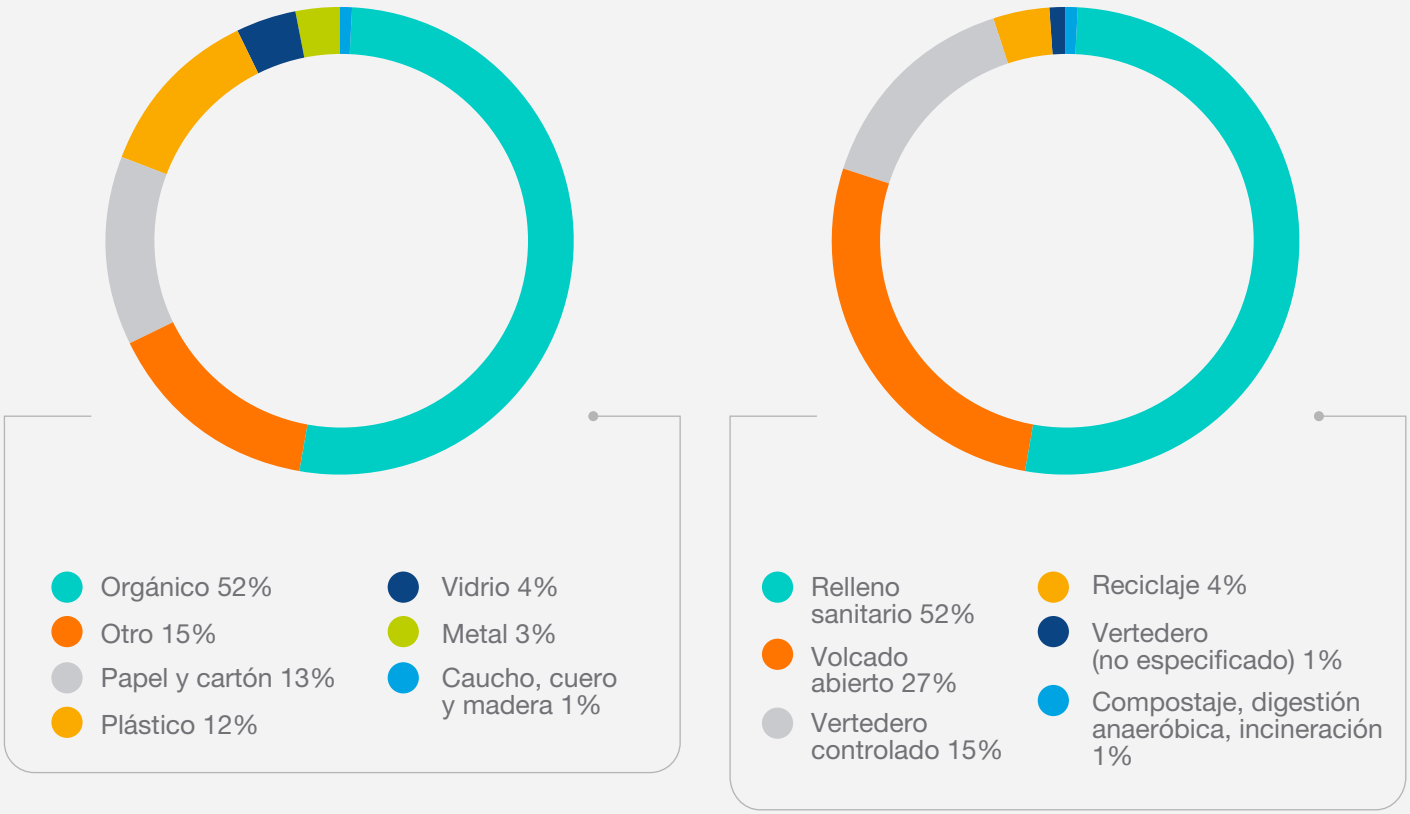


Figura 3.19. Composición y tipo de eliminación y tratamiento de residuos en ALyC. Fuente: (Silpa Kaza et al., 2020).

Las acciones para tratar los residuos urbanos varían en etapas de implementación (desde estudios/propuestas hasta planes en operación, monitoreo y reporte) y niveles de desarrollo, donde se percibe que algunas localidades no han alcanzado aún una cobertura básica de recolección selectiva y disposición en rellenos sanitarios, mientras otras buscan implementar herramientas tecnológicas y provechos económicos de la gestión del residuo.

Las estrategias para gestión de los residuos abarcan: programas de valoración de los residuos (conversión de restos en insumo industrial, separación y reciclaje); gestión de neumáticos fuera de uso; gestión de los restos de podas de árboles; compostaje a nivel domiciliario y municipal; eliminación de disposición de basura a cielo abierto (vertederos); generación de puntos de reciclaje; mejora del sistema de recolección y disposición; tratamiento de efluentes; estrategias para la reducción de la producción de residuos; reducción/prohibición de plásticos de un solo uso; plantas de tratamiento de residuos sólidos urbanos; colecta selectiva; adopción de tecnología para gestión de residuos; economía verde y circular (100 Resilient Cities & Santa Fe Ciudad, 2017; Arosemena et al., 2018; CDP, 2020b; David Groisman et al., 2018; Elgueta et al., 2017; Villamarín et al., 2009). Estas estrategias son propuestas de Argentina, Brasil, Chile, Panamá, Costa Rica, Guatemala, México, Perú y Venezuela.

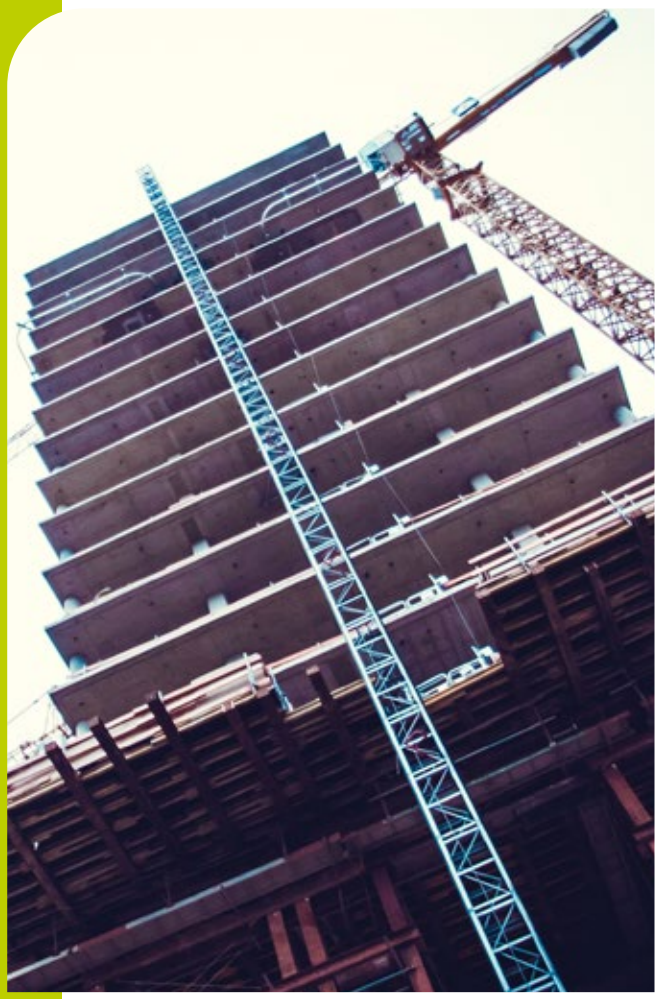
En Santiago, Chile, se ha implementado un programa integral de erradicación y reconversión de vertederos ilegales y microbasurales, que prevé la reconversión del uso de espacios habilitados, y el aumento de la fiscalización de la carga y transporte ilegal de residuos (Elgueta et al., 2017). La ciudad de Rosario, Argentina tiene en fase de implementación nuevas estructuras y modelo de gestión de tratamiento de residuos sólidos urbanos. La acción prevé: “planta de tratamiento y compostaje (...); planta de clasificación de residuos reciclables; planta de biodigestión seca; tratamiento del biogás del relleno sanitario; planta de compostaje de residuos orgánicos puros; planta de compostaje metropolitana; gestión y valorización de los residuos verdes; gestión y valorización de los residuos inertes y restos de obra; optimización de los sistemas de recolección de residuos; plan de contingencia para el manejo de residuos en caso de emergencias climáticas” (CDP, 2020b).

La gestión de los residuos es una dificultad a ser enfrentada por todos los tamaños de ciudades, pero, las pequeñas todavía pueden encontrarse con problemas más graves como la falta o deficiencia de vertederos o tratamiento de efluentes. La ciudad de Corrientes, Argentina, con 352,4 mil habitantes (2010)(Municipalidad de Corrientes, 2018), hasta el año 2018 no tenía tratamiento de los RSU. El plan de gestión de RSU se inició este año y contempla dos etapas de implantación, en la primera se propone el compostaje de los restos de poda, y en la segunda, el compostaje del 50 % de la fracción compostable de los RSU (CDP, 2020b).

Extrema en Minas Gerais (Brasil), fue la primera ciudad, entre aquellas de hasta 50 mil habitantes en implantar un vertedero. La municipalidad con poco más de 28,6 mil habitantes (2010) (Prefeitura Extrema, 2020), desde el año 2001, implementó una recolección selectiva que cubre el 100 % de la ciudad. En 2015, el vertedero fue ampliado para mejorar la separación de materiales reciclables. Adicionalmente, hay un servicio llamado “coleta de cata-treco”, que es la retirada de materiales voluminosos cuyo tamaño van más allá de la capacidad del camión de recolección de basura ordinario (CDP, 2020b; Prefeitura de Extrema, 2020).

3.8 Ciclo de vida

Las ciudades están constituidas por viviendas, edificios e infraestructura, los cuales consumen recursos y energía durante su construcción y su vida útil, y finalmente producen residuos cuando son demolidos. Generalmente, se consideran como edificaciones sostenibles a aquéllas que requieren baja energía de mantenimiento o las que son autosuficientes. Adicionalmente a los aspectos energéticos, hay otros aspectos a evaluar en la sostenibilidad de las construcciones; por ejemplo, el Reglamento de Productos de Construcción (RCP) (European Union, 2011) de UE sostiene que las construcciones deben ser diseñadas, construidas y demolidas de tal manera que el uso de los recursos naturales sea sostenible. Para este fin se debe garantizar la durabilidad de la construcción, la reutilización o reciclabilidad de los elementos estructurales, sus materiales y piezas después de demolición; y el uso de materias primas y materiales secundarios compatibles con el medio ambiente. Por ejemplo, para una vivienda o infraestructura debe contabilizarse su vida útil en condiciones de operación como uno de los puntos que contribuyen a la sostenibilidad. Una estructura que puede ser usada por más de 80 años será mucho más sostenible que aquella que deba ser reemplazada en una corta vida útil. También se debe incorporar el reuso, reciclaje o disposición de la misma cuando es dada de baja, para lo cual se requiere una mayor apertura de materiales hasta hoy marginales en la construcción.



Existen algunos métodos de evaluación desarrollados para el sector de la construcción de edificios, como BREEAM (BREEAM, 2020) y LEED (LEED, 2020), que puntúan para considerar a los “Edificios Verdes”. Estas calificaciones están basadas generalmente en tópicos que distan significativamente de la realidad productiva, económica y social de ALyC.

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) según ISO 14040 (ISO, 2006) es una herramienta más amplia. Permite investigar el impacto ambiental global (medio ambiente natural, salud humana y agotamiento recursos) de un producto o proceso, considerando el ciclo de vida desde su nacimiento (la cuna) hasta su disposición final (la tumba), teniendo en cuenta las diferencias regionales (p.e. matriz energética), el transporte, etc. El ACV se ejecuta en cuatro pasos: Definición del objetivo y alcance, inventario del ciclo de vida (ICV), evaluación del impacto del ciclo de vida (ICV) y una interpretación. Los impactos se clasifican en contribución al calentamiento global, el potencial de acidificación, el potencial de agotamiento del ozono, etc. Los resultados de un ACV no son absolutos y permiten comparar objetos que cumplen la misma función de acuerdo con el objetivo y el análisis. En estos casos, no se pueden comparar soluciones constructivas de vivienda que van a estar emplazado en distintos lugares (Sucre - Bolivia, Temuco-Chile, San-

tiago de los Caballeros- Republica Dominicana), ya que son diferentes las condiciones bioclimáticas, la provisión de materiales, la matriz energética del país, las distancias y las condiciones del transporte, etc.

En Brasil, desde año 2013, está en vigor la norma NBR 15.575 Edificaciones habitacionales – Desempeño; que establece los requisitos para el desempeño de construcciones residenciales. Entre ellos está el capítulo de "Durabilidad y mantenimiento" que trata de la vida útil de la edificación.

3.9 Lluvias e inundaciones

Los eventos de inundación extrema son noticias comunes en América Latina y el Caribe, desde las fuertes lluvias de enero en Sao Paulo hasta los huracanes como Félix y María (Bonilla-Félix et al, 2019; Henrique & Tschakert, 2019; Holladay et al., 2019; Rossi et al., 2017; Tymochko et al., 2020) sin contar con los efectos del fenómeno de El Niño y La Niña. En ALyC, los desastres, más frecuentes son las inundaciones y las tormentas; aproximadamente 75 millones de personas se vieron afectadas por inundaciones o tormentas en ALyC entre 2000 y 2019, siendo México y las islas del Caribe las más propensas a tormentas y los países de Sudamérica los más propensos a inundaciones (OCHA, 2020).

Las inundaciones urbanas se definen como "la inundación en un entorno construido, particularmente en áreas más densamente pobladas, causada por la lluvia que cae sobre el aumento de superficies impermeables y supera la capacidad de los sistemas de drenaje" (University of Maryland, Center for Disaster Resilience, & Texas A&M University, Galveston Campus, Center for TeBeaches and Shoresxas, 2018). Según esta definición, dependen de los patrones de precipitación, la baja capacidad de infiltración de la zona y la insuficiente capacidad de los sistemas de drenaje. Todos estos factores representan distintos desafíos, sin embargo, el primero, relacionado con los patrones de precipitación, tiene que ver con el cambio climático.

Las inundaciones urbanas podrían ocurrir debido al desborde de los ríos, los huracanes que impulsan una marejada de tormenta en áreas costeras y una escorrentía excesiva en áreas desarrolladas donde el agua no tiene a dónde ir, como paisajes urbanos que no pueden absorber lluvia e infraestructura deteriorada o inadecuada que se encuentra especialmente en comunidades urbanas empobrecidas, descuidadas y/o socioeconómicamente aisladas. Generalmente, se supone que las inundaciones son más probables a lo largo de los ríos o costas; pero las inundaciones urbanas también ocurren en lugares que están lejos de ríos y costas. Las inundaciones urbanas son un fenómeno separado de las inundaciones costeras y fluviales.

En ciudades costeras o de clima tropical, la variación en el régimen de lluvias ha afectado las ciudades con eventos de inundaciones. Para enfrentar este problema, las ciudades han propuesto, entre otras cosas, obras de infraestructura como: estructuras de contención ante derrumbes; desagües; retardadores pluviales; rehabilitación y construcción de colectores de agua; obras de macro y micro drenaje; tratamiento de fondos de valle; cámaras de intercepción pluvial; aplicación de geomantas; reacondicionamiento de techos contra tormentas severas; y planeamiento de la ocupación del suelo (100 Resilient Cities & CRO, 2017; 100 Resilient Cities & Prefeitura de Salvador, 2019; Arosemena et al., 2018; CDP, 2020a; David Groisman et al., 2018; Elgueta et al., 2017; Gordon et al., 2019; UCCRN, 2018). Las propuestas citadas son de Brasil, Argentina, Chile, México.



En Brasil, el cambio del régimen de lluvias y los eventos de tormentas son un reto para las municipalidades. Para enfrentar las inundaciones, la ciudad de São Leopoldo ha optado por la implantación de sistema de contención de diques, casa de bombas y drenajes pluviales, pero la estructura requiere constante mantenimiento y hay discusiones acerca de las consecuencias de una falla del sistema (CDP, 2020a; UNISINOS, 2016). La ciudad de Bertioga , ha preferido implantar sistemas de micro y macro drenaje, con obras de canales y galería para colectar el agua de lluvia, interconexión de redes de drenaje, revestimiento de canales, pavimentación, guías y canales (CDP, 2020a; Prefeitura de Bertioga, 2017). La ciudad de Belo Horizonte presenta un plan integrado de acciones para hacer frente a las tormentas que abarca la limpieza de alcantarillas, el fondo de valle y galerías; construcción de grandes cuencas para la retención y detención del agua de lluvia; trabajos de contención de taludes; expansión de redes de microdrenaje; urbanización de carreteras; y traslado de familias; entre otros.

La ciudad de La Paz, Bolivia, ha hecho una revisión y ampliación del Plan Maestro de Drenaje Pluvial de la ciudad que prevé intervenciones de mejoramiento, rehabilitación y ampliación del sistema de drenaje (**Figura 3.20**). El diseño del plan pretende una gestión preventiva del riesgo de inundación y no meramente correctiva. Entre las acciones para el control de inundaciones se incluyen intervenciones con macrodrenaje (red principal) y microdrenaje (superficial, incluyendo sumideros), y medidas de control de erosión que incluyen medidas bioingenieriles. Otras intervenciones no estructurales son el "fortalecimiento institucional, reglamentación de uso y ocupación de suelo, manejo de áridos, reglamentación de las vías y de las estructuras de microdrenaje, implementación de red de estaciones hidrometeorológicas y educación y concientización social (relacionada con la disposición de residuos sólidos por parte de la ciudadanía)" (Illescas & Buss, 2016).

Además, la infraestructura de parques[4] ha sido considerada para tratar la gestión de aguas pluviales y eventos climáticos cambiantes. Normalmente, los parques ya poseen espacios abiertos y permeables, pero utilizar su infraestructura de manera innovadora puede maximizar oportunidades de drenaje de lluvias (EPA, 2017). Algunas propuestas son:

- Estacionamientos, senderos pavimentados, pasarelas y caminos: biorretención en áreas de jardines y rotondas; pavimento permeable; árboles en zonas de jardines; suelos enmendados para mejorar la infiltración, la eliminación de contaminantes y la salud de las plantas.
- Centro de visitantes: jardines de biorretención, polinizadores que tratan las aguas pluviales, o cajas de jardín en espacios reducidos; techos verdes; barriles y cisternas de agua de lluvia.
- Campos de juego: almacenamiento de detención temporal; pavimento permeable en puestos de estacionamiento, desbordados y pasillos.





Figura 3.20. –La Paz, Bolivia– imágenes de soluciones para problemas de lluvias e inundaciones (Illescas & Buss, 2016).

[4] Estacionamientos, carreteras, edificios, campos de juego, canchas y otras superficies artificiales (EPA, 2017)

- Humedales y sistemas de drenaje: áreas naturales a lo largo de los canales del arroyo; humedales artificiales creados en áreas de drenaje existentes; áreas de hábitat de vida silvestre que sirven como áreas de escorrentía de aguas pluviales (EPA, 2017).

3.10 Consideraciones finales

De manera general, la población latinoamericana tiende a concentrarse en ciudades medianas (entre 1 y 5 millones de habitantes). En los próximos años será necesario poner atención al planeamiento de estas urbes medianas, pues muchas todavía carecen de acceso a recursos técnico, humanos y financieros para ejecución de estrategias para la resiliencia. Adicionalmente, el crecimiento poblacional debe mantenerse sin grandes picos de incremento, debido al envejecimiento de la población, mayor expectativa de vida y menor tasa de natalidad. El perfil de la población será cambiante y con esto sus necesidades, lo que conlleva a respuestas urbanas nuevas y ajustadas a las carencias locales.

La planeación y gestión de las ciudades deberá resolver, además de las nuevas demandas, los problemas generados por el proceso anterior de crecimiento urbano extensivo y rápido. La demanda por vivienda, transporte público, servicios, ocio, oportunidades de empleo, reducción de la segregación y violencia; en conjunto con el enfrentamiento de cuestiones ambientales del cambio climático como sequias, variación del sistema de lluvias, disponibilidad de recursos, entre otros.

La sostenibilidad y resiliencia de las ciudades dependerá del planeamiento integrado, con visión holística y sistémica, apoyado por cuerpos formados por técnicos, políticos y representantes comunitarios. Las estrategias deben ser escaladas, adaptadas a cada localidad, implementadas paulatinamente y monitoreadas. Se encuentran iniciativas que van desde el diagnóstico de la situación actual; proposición de sistemas de datos e informaciones; pasando por entrenamiento y formación de personas; avanzando al uso de tecnologías, obras de infraestructura y planeamiento territorial. Es cierto que para construir ciudades resilientes el aporte tecnológico de la industria en relación a los materiales y los sistemas será tan imprescindible como las políticas públicas asertivas.



En América Latina y el Caribe encontramos muchos desafíos en cuanto a la planificación y gestión de ciudades sostenibles y resilientes debido al crecimiento poblacional, propensión a desastres, cambio climático y otros factores; pero también muchas oportunidades dado que las ciudades aún se encuentran en desarrollo a diferencia de otras regiones como las ciudades europeas, por ejemplo. Se puede observar que los materiales a base de cemento tienen una importante participación en muchas de las estrategias planeadas y ejecutadas en ALyC. Por lo tanto, la producción y el uso de estos materiales, requieren de técnicas y prácticas que garanticen su uso de forma eficiente y sostenible.

3.11 Referencias

- 100 Resilient Cities. (2020). Cities Archive. 100 Resilient Cities. https://www.100resilientcities.org/cities/
- 100 Resilient Cities, & Alcadía de Medellín. (2017). Medellín Resiliente: una estrategia para el futuro. http://100resilientcities.org/wp-content/uploads/2017/07/Medellin-Espanol-PDF.pdf
- 100 Resilient Cities, & Cidade do Rio de Janeiro. (2017). RioResiliente: Estratégia de Resiliência da Cidade do Rio de Janeiro. http://100resilientcities.org/wp-content/uploads/2017/07/estra_res_rio_port-1.pdf
- 100 Resilient Cities, & Colima Gobierno Municipal. (2019). Colima Resiliente: estrategia de resiliencia. https://www.100resilientcities.org/cities/colima/
- 100 Resilient Cities, & CRO, C. de R. de P. A. (2017). Estratégia de Resiliência Porto Alegre. https://www.100resilientcities.org/cities/porto-alegre/
- 100 Resilient Cities, & Gobierno Regional Metropolitana de Santiago. (2018, março 12). Recuperación de espacios públicos: Guía de generación de Plazas de Bolsillo. Santiago Humano y Resiliente. http://santiagoresiliente.cl/5025-recuperacion-espacios-publicos-guia-generacion-plazas/
- 100 Resilient Cities, & Prefeitura de Salvador. (2019). Salvador Resiliente. http://100resilientcities.org/wp-content/uploads/2019/03/Resilience-Strategy-Salvador-Portuguese.pdf
- 100 Resilient Cities, & Santa Fe Ciudad. (2017). Santa Fe Resiliente: estrategia. http://www.100resilientcities.org/wp-content/uploads/2017/07/SFC_EstrategiaDeResiliencia_vf_Web.pdf
- Ahmadian, E., Sodagar, B., Mills, G., Byrd, H., Bingham, C., & Zolotas, A. (2019). Sustainable cities: The relationships between urban built forms and density indicators. Cities, 95, 102382. https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.06.013
- Arosemena, A. D., Webster, P. M., & Martínez, C. L. (2018). Panama Resiliente. Adriana Chavez Oficina de Resiliencia Urbana ORU, Braulio E Morera, Emilia Carrera, Hector Cordero, Helena Monteiro, Maria Ortiz, Haydee Osorio. http://www.100resilientcities.org/strategies/panama-city/
- ASE, A. de S. E. (2020). Programa Comuna Energética: las historias de un desarrollo energético local alternativo. Agencia de Sostenibilidad Energética. https://www.agenciase.org/2020/01/20/programa-comuna-energetica-las-historias-de-un-desarrollo-energetico-local-alternativo/
- Bárcena, A., Samaniego, J. luis, Ferrer, J., Alatorre, J. E., Stockins, P., Reyes, O., Sánchez, L., Mostacedo, J., & Galindo, L. M. (2018). Economics of Climate Change in Latin America and the Caribbean: A Graphic View (United Nations). United Nations.https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43889/1/S1800475_en.pdf
- Beltrán, I., Carrera, E., Young, T. L., Paredes, D., Almeida, D., Rosero, A., & Guzmán, P. de. (2017). Quito Resiliente. Estrategia de resiliencia Distrito Metropolitano de Quito. Verónica Vacas. http://www.100resilientcities.org/strategies/quito/
- Bernardi, A. (2019, março 6). Inauguración del Parque Eólico Villalonga. Genneia. https://www.genneia.com.ar/inauguracion-del-parque-eolico-villalonga/

- Blue-Green Cities Research Project. ([s.d.]). Blue-GreenCities Definition. Recuperado 23 de março de 2020, de http://www.bluegreencities.ac.uk/about/blue-greencitiesdefinition.aspx
- Bonilla-Félix, B., Suárez-Rivera, M. 2019, Disaster Management in a Nephrology Service: Lessons Learned from Hurricane, Blood Purification 2019, (1-3):199-204. https://doi.org/10.1159/000494580
- BREEAM. (2020). BREEAM: the world's leading sustainability assessment method for masterplanning projects, infrastructure and buildings. BREEAM. https://www.breeam.com/
- Buenos Aires Ciudad. (2015). Ciudad sin barreras. Buenos Aires Ciudad - Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. https://www.buenosaires.gob.ar/noticias/ciudad-sin-barreras
- Caribe, C. E. para A. L. y el. (2019). Informe de avance cuatrienal sobre el progreso y los desafíos regionales de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe. CEPAL. https://www.cepal.org/es/publicaciones/44551-informe-avance-cuatrienal-progreso-desafios-regionales-la-agenda-2030-desarrollo
- CDP, D. I. A. (2020a). 2019 Cities Adaptation Actions. CDP Open Data Portal. https://data.cdp.net/Adaptation-Actions/2019-Cities-Adaptation-Actions/j9r7-pm45
- CDP, D. I. A. (2020b). 2019 City-wide Emissions. CDP Open Data Portal. https://data.cdp.net/Emissions/2019-City-wide-Emissions/542d-zyj8
- CEPAL. (2017). Panorama multidimensional del desarrollo urbano en América Latina y el Caribe. Laetitia Montero, Johann García. https://www.cepal.org/es/publicaciones/41974-panorama-multidimensional-desarrollo-urbano-america-latina-caribe
- CEPAL CEPALSTAT. (2019). Bases de datos y publicaciones estadísticas. https://estadisticas.cepal.org/cepalstat/Portada.html
- Chile Desarrollo Sustentable, & Diario Latercera. (2014, outubro 28). Áreas Verdes Suben 20 % en Santiago y Llegan a la Mitad del Nivel Recomendado por OMS. Chile Desarrollo Sustentable. http://www.chiledesarrollosustentable.cl/noticias/noticia-pais/areas-verdes-suben-20-en-santiago-y-llegan-a-la-mitad-del-nivel-recomendado-por-oms/
- Cynthia Rosenzweig, William Solecki, Patricia Romero-Lankao, Shagun Mehrotra, Shobhakar Dhakal, & Somayya Ali Ibrahim. (2018). Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network. Cambridge University Press. http://uccrn.org/arc3-2/
- David Groisman, María Victoria Boix, Martina Ferrarino, Nicolás Ferme, Milagros Bayá Gamboa, & Florencia Famularo. (2018). Buenos Aires Resiliente. Comité interministerial de resiliencia; ARUP; 100 Resilient Cities. http://www.100resilientcities.org/wp-content/uploads/2018/09/Buenos-Aires-Resilience-Strategy-English-PDF.pdf
- Disaster Management in a Nephrology Service: Lessons Learned from Hurricane Maria - FullText - Blood Purification 2019, Vol. 47, No. 3 - Karger Publishers. ([s.d.]). Recuperado 28 de março de 2020, de https://www.karger.com/Article/FullText/494580
- EBP. (2016). Programa Comuna Energética - Chile. https://www.ebpchile.cl/es/proyectos/programa-comuna-energetica
- El popular. (2018). El parque solar de Espigas tiene predio propio. elpopular.com.ar. http://www.elpopular.com.ar/nota.html?n=114110

- Elgueta, G., Robertson, C., Huidobro, C., Chavez, A., Durán, D., & Reyes, P. (2017). Santiago Humano & Resiliente. http://www.100resilientcities.org/wp-content/uploads/2017/07/Santiago_Resilience_Strategy_-_PDF.pdf
- EPA, US-E.P.A. (2017). Green Infrastructure in Parks Guide: A Guide to Collaboration, Funding, and Community Engagement (Reports and Assessments EPA 841-R-16-112). EPA. https://www.epa.gov/nps/green-infrastructure-parks-guide
- Estados e Capitais do Brasil. (2020). São Paulo. https://www.estadosecapitaisdobrasil.com/wp-content/uploads/2014/09/vista-aerea-parcial-cidade-sao-paulo.jpg?x64851
- Estupiñan, N., Scorcia, H., Navas, C., Zegras, C., Rodríguez, D., Vergel-Tovar, E., Gakenheimer, R., Otero, S. A., & Vasconcellos, E. (2018). Transporte y desarrollo en América Latina: Vol. I. CAF- Banco de Desarrollo de América Latina. scioteca.caf.com
- European Union. (2011). Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC, EU, Brussels. European Union. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32011R0305
- Frías, L. (2017). Manual de autoconstrucción y mejoramiento de viviendas. edición UNAM-CEMEX. Gaceta UNAM (2010-2019), 0(4919), 8.
- Gamez, M. J. ([s.d.]). Objetivos y metas de desarrollo sostenible. Desarrollo Sostenible. Recuperado 11 de abril de 2020, de https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/
- García, I. (2019, dezembro 23). Natural Hazards Governance Practices and Key Natural Hazards in Latin America and the Caribbean. Oxford Research Encyclopedia of Natural Hazard Science. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389407.013.228
- Gencer, E. A. (2017). How To Make Cities More Resilient: A Handbook For Local Government Leaders. https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/assets/toolkit/Handbook%20for%20local%20government%20leaders%20%5B2017%20Edition%5D_English_ed.pdf
- Gordon, M., Bidault, M., & Craig, N. (2019). Cities100 2019 Report. Pernille Jægerfelt Mouritsen. https://www.cities100report.com
- Han, B., Zhang, L., & Ou, J. (2017). Smart and Multifunctional Concrete Toward Sustainable Infrastructures. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-4349-9
- Henrique, K. P., & Tschakert, P. (2019). Taming São Paulo's floods: Dominant discourses, exclusionary practices, and the complicity of the media. Global Environmental Change, 58, 101940. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.101940
- Hermida, M. A., Hermida, C., Cabrera, N., & Calle, C. (2015). La densidad urbana como variable de análisis de la ciudad: El caso de Cuenca, Ecuador. EURE (Santiago), 41(124), 25–44. https://doi.org/10.4067/S0250-71612015000400002
- Holladay, P. J., Mendez-Lazaro, P., Centeno, H. M., Rivera-Gutierrez, R., Adams, K., & Brundiers, K. (2019). Utuado, Puerto Rico and Community Resilience Post-Hurricane Maria: The Case of Tetuan Reborn. Recreation, Parks, and Tourism in Public Health, 3, 5–16. JSTOR. https://doi.org/10.2979/rptph.3.1.02
- Horacio Terraza, Daniel Rubio Blanco, & Felipe Vera. (2016). De Ciudades Emergentes a Ciudades Sostenibles: Comprendiendo y Proyectando las Metrópolis del Siglo XXI. BID.

- Illescas, C. F., & Buss, S. (2016). Ocurrencia y gestión de inundaciones en América Latina y el Caribe: Factores claves y experiencia adquirida. NOTA TÉCNICA No IDB-TN-924. Banco Internacional de Desarrollo. https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Ocurrencia-y-gesti%C3%B3n-de-inundaciones-en-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe-Factores-claves-y-experiencia-adquirida.pdf
- Infoolavarria. (2018). Se inauguraron los Parques Solares de Espigas y Recalde. https://infoolavarria.com/2018/01/30/se-inauguraron-los-parques-solares-de-espigas-y-recalde/
- International Strategy for Disaster Reduction. (2007). Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building Resilience of Nations and Communities to Disasters (United Nations). https://www.unisdr.org/files/1037_hyogoframeworkforactionenglish.pdf
- ISO, I. O. for S. (2006). ISO 14044:2006, Environmental management – life cycle assessment – Requirements and guidelines, International Organization for Standardization, Geneva.
- Kassim, A., Jaidka, A., Kanyinda, A., Arimah, B., Shen, J., & Otieno Otieno, R. (2015). UN-Habitat global activities report 2015: Increasing synergy for greater national ownership | ALNAP. UN HABITAT. https://www.alnap.org/help-library/un-habitat-global-activities-report-2015-increasing-synergy-for-greater-national
- La Nueva. (2017). Inicia el Parque Eólico Villalonga [Text]. La Nueva; Diario La Nueva. www.lanueva.com. https://www.lanueva.com/nota/2017-9-3-9-0-0-inicia-el-parque-eolico-villalonga
- Latin America And Caribbean - Roads, Paved (% Of Total Roads) - 1990-2009 Data | 2020 Forecast. ([s.d.]). Recuperado 13 de abril de 2020, de https://tradingeconomics.com/latin-america-and-caribbean/roads-paved-percent-of-total-roads-wb-data.html
- Leal Filho, W. (2018). Climate Change in Latin America: An Overview of Current and Future Trends. In W. Leal Filho & L. Esteves de Freitas (Orgs.), Climate Change Adaptation in Latin America: Managing Vulnerability, Fostering Resilience (p. 529–537). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56946-8_31
- LEED. (2020). LEED rating system | U.S. Green Building Council. https://www.usgbc.org/leed
- Libertun de Duren, N., Vera, F., Donovan, M. G., Adler, V., Wainer, L. S., Roquero, P., Poskus, M. A., Valenzuela, L., Letelier, M., Olivares, P., Treimun, J., Gamboa, A., Canales, K., Guajardo, J., Davis, D. E., Claramunt Torche, P., & Silva, M. P. (2018). Vivienda ¿Qué viene?: De pensar la unidad a construir la ciudad. Inter-American Development Bank. https://doi.org/10.18235/0001594
- Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. ([s.d.]). 40.
- Mazzeo, N. M. (2012). Manual para la sensibilización comunitaria y educación ambiental: Gestión integral de residuos sólidos urbanos. Inst. Nacional de Tecnología Industrial - INTI.
- Municipalidad de Corrientes. (2018, maio 1). Características de la Ciudad de Corrientes. Municipalidad de Corrientes. http://ciudaddecorrientes.gov.ar/caracter-sticas-de-la-ciudad-de-corrientes
- Municipalidad de Reconquista. (2020). Reconquista en la region de Santa Fe [Www.municipalidad-argentina.com.ar]. https://www.municipalidad-argentina.com.ar/municipalidad-reconquista.html
- Neder, L., & Alves, B. E. (2019). Transoceânica entrará em operação no fim de abril. https://oglobo.globo.com/rio/bairros/transoceanica-entrara-em-operacao-no-fim-de-abril-23596792
- OCHA. (2020). Natural disasters in Latin America and the Caribbean 2000-2019. https://reliefweb.int/report/world/natural-disasters-latin-america-and-caribbean-2000-2019

- ONU-CEPAL. (2009). Perspectivas del medio ambiente: América Latina y el Caribe - GEO ALC 3 - Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA); ISBN: 978-92-807-2956-6).
- OTN-PB, O. T. N. de los R. P. y B., & GDT, G. del D. de T. (2014). Estudio TESA “Construcción de atajados y obras de almacenamiento de agua en la subcentral Jarca Cancha, municipio de San Lorenzo, departamento de Tarija”. http://servicios.ucbtja.edu.bo:8090/sihita/css/docs/EST-00053/EST-00053_DOC.pdf
- Page, J., Pan, H., Ferreira, C., & Kalantari, Z. (2019). Reducing greenhouse gas emissions through urban planning and policies with nature-based solutions. Geophysical Research Abstracts, 21, 1–1.
- Pelegi, A., & Aquino, W. (2019, abril 27). Niterói inicia operação do corredor TransOceânica. Diário do Transporte. https://diariodotransporte.com.br/2019/04/27/niteroi-inicia-operacao-do-corredor-transoceanica/
- Pintrest. (2020). Barcelona. https://i.pinimg.com/originals/63/ec/15/63ec15d693e1d7baf099e9e06754e75a.jpg
- PNUMA. (2010). Perspectivas del Medio Ambiente: America latina y el Caribe. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. ISBN: 978-92-807-2956-6 Job Number: DEW/1077/PA
- Prefeitura de Bertioga. (2017, junho 30). Infraestrutura de Bertioga melhora com obras de macrodrenagem. Prefeitura de Bertioga. http://www.bertioga.sp.gov.br/noticias/infraestrutura-de-bertioga-melhora-com-obras-de-macrodrenagem/
- Prefeitura de Extrema. (2020). Limpeza Pública – Extrema MG. www.extrema.mg.gov.br. https://www.extrema.mg.gov.br/secretarias/secretaria-municipal-de-meio-ambiente/limpeza-publica/
- Prefeitura Extrema. (2020). Cidade – Extrema MG. www.extrema.mg.gov.br. https://www.extrema.mg.gov.br/cidade/
- Prefeitura Municipal de Campinas. (2020). Saneamento Rural Sustentável. http://www.campinas.sp.gov.br/governo/meio-ambiente/saneamento-rural-sustentavel.php
- Reiring, R. (2007). Downtown Atlanta, GA on a sunny winter day. Flickr: Atlanta, GA. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aerial_of_Downtown_Atlanta,_GA.jpg
- Reyer, C. P. O., Adams, S., Albrecht, T., Baarsch, F., Boit, A., Canales Trujillo, N., Cartsburg, M., Coumou, D., Eden, A., Fernandes, E., Langerwisch, F., Marcus, R., Mengel, M., Mira-Salama, D., Perette, M., Pereznieto, P., Rammig, A., Reinhardt, J., Robinson, A., … Thonicke, K. (2017). Climate change impacts in Latin America and the Caribbean and their implications for development. Regional Environmental Change, 17(6), 1601–1621. https://doi.org/10.1007/s10113-015-0854-6
- RMCC, R. A. de M. frente al C. C. (2019). San Martín de los Andes sistematiza los programas que integrarán su Plan Local de Acción Climática. RAMCC. ttps://ramcc.net/noticia.php?id=604
- Roads, paved (% of total roads) | Data Catalog. ([s.d.]). Recuperado 11 de abril de 2020, de https://datacatalog.worldbank.org/roads-paved-total-roads
- Rodrigues, F. M. (2017). Por uma estrategia de cidade sustentavel: expansão urbana planeada, quadro legal e financiamento autárquico. Afrontamento.
- Rossi, E., Granzow-de la Cerda, I., Oliver, C. D., & Kulakowski, D. (2017). Wind effects and regeneration in broadleaf and pine stands after hurricane Felix (2007) in Northern Nicaragua. Forest Ecology and Management, 400, 199–207. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.05.034
- Sansão-Fontes, A., Pesoa, M., Araujo-Souza, A., Sabaté, J., Neves, L., Sansão-Fontes, A., Pesoa, M., Araujo-Souza, A., Sabaté, J., & Neves, L. (2019). Urbanismo Tático como teste do espaço público: o caso das superquadras de Barcelona. EURE (Santiago), 45(136), 209–232. https://doi.org/10.4067/S0250-71612019000300209

- Santos, S. L. (2017). PLAN INTEGRAL PARA LA MEJORA DE LA MOVILIDAD Y SEGURIDAD VIAL PARA EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE PANAMÁ (E.3 – INFORME FINAL; p. 235). BID y Alcaldía de Panamá. https://dpu.mupa.gob.pa/wp-content/uploads/2017/06/20175-E.3-002-R01_INFORME_FINAL_ESTRATEGIAS_DE_MOVILIDAD_CH_PANAMA.pdf
- SCMaipo, S. del C. de M. (2020). Aprobada RCA Mini central Los Presidentes. https://www.scmaipo.cl/canalistas/aprobada-rca-mini-central-los-presidentes/
- Silpa Kaza, Lisa Yao, Perinaz Bhada-Tata, & Frank Van Woerden. (2020). What a waste 2.0 A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. World Bank. https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317
- Stand Online. (2013). BRTs - TransNiteroi, Transoceânica. https://www.youtube.com/watch?v=rLurrnTy-Sc
- Terraza, H. (2012, junho 28). ¿Las ciudades latinoamericanas poseen suficiente espacio verde público? ¿Qué es suficiente, existe un mínimo? Ciudades Sostenibles. https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/la-ciudades-latinoamericanas-poseen-suficiente-espacio-verde-publico-que-es-suficiente-existe-un-minimo/
- Thøgersen, J. (2017). Housing-related lifestyle and energy saving: A multi-level approach. Energy Policy, 102, 73–87. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.12.015
- Transoceânica, & Prefeitura de Niterói. (2020). Transoceânica. https://transoceanicaniteroi.com/
- Tymochko, S., Munch, E., Dunion, J., Corbosiero, K., & Torn, R. (2020). Using persistent homology to quantify a diurnal cycle in hurricanes. Pattern Recognition Letters, 133, 137–143. https://doi.org/10.1016/j.patrec.2020.02.022
- UCCRN, U. C. C. R. N. (2018). Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network. Cambridge University Press. Rosenzweig, C., Solecki, W., Romero-Lankao, P., Mehrotra, S., Dhakal, S., & Ali Ibrahim, S. http://uccrn.org/arc3-2/
- UN Habitat. (2015a). A New Strategy of Sustainable Neighbourhood Planning: Five principles - Urban Planning. (Discussion Note 3). UN Habitat. https://unhabitat.org/a-new-strategy-of-sustainable-neighbourhood-planning-five-principles
- UN Habitat. (2015b). International Guidelines on Urban and Territorial Planning. UN Habitat. https://unhabitat.org/international-guidelines-on-urban-and-territorial-planning
- UN Habitat. (2019). The strategic plan 2020-2023: A Better Quality of Life for All In an Urbanizing World. UN Habitat. https://unhabitat.org/sites/default/files/documents/2019-09/strategic_plan_2020-2023.pdf
- UNISDR (2016) Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. ([s.d.]). 40. https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf
- UNISINOS, U. do V. do rio do S. (2016). Políticas públicas de proteção às cheias e aposta contra novos diques. http://www.ihu.unisinos.br/observasinos/vale/protecao-social/politicas-publicas-de-protecao-as-cheias-e-aposta-contra-novos-diques
- University of Maryland, Center for Disaster Resilience, & Texas A&M University, Galveston Campus, Center for TeBeaches and Shoresxas. (2018). The growing threat of urban flooding: a national challenge. https://today.tamu.edu/wp-content/uploads/sites/4/2018/11/Urban-flooding-report-online.pdf

- Vasconcellos, E. A., & Mendonça, A. (2016). Observatorio de Movilidad Urbana: Informe 2015-2016 (resumen ejecutivo) [Report]. CAF. https://scioteca.caf.com/handle/123456789/981
- Villamarín, G., Pacha, M. J., Vásquez, A., Villacís, M., & Wilkinson, E. (2009). Aportes de la Iniciativa Ciudades Resilientes al Clima en América Latina - Documento de síntesis. https://www.ffla.net/publicaciones/doc_details/342-aportes-de-la-iniciativa-ciudades-resilientes-al-clima-en-am%C3%A9rica-latina-documento-de-s%C3%ADntesis.html
- World Bank. (2019). World Bank Data. https://data.worldbank.org/
- WRI, R. da pesquisa R. da W. W. R. I., & ROSS CENTER FOR SUSTAINABLE CITIES. (2019). Forging the Path to a Sustainable Urban Future: WRI Ross Center for Sustainable Cities 2018-19 Annual Report. WRI, Ross Intitute. https://wrirosscities.org/annualreport



CAPÍTULO

04

Aporte de la

Industria del cemento y del concreto al desarrollo de ciudades sostenibles y resilientes

Aporte de la **industria del cemento y del concreto al desarrollo de ciudades sostenibles y resilientes**

Vivimos en un mundo de fuentes de energía y recursos naturales finitos. Desafortunadamente, actualmente utilizamos estos recursos naturales a un ritmo que no se puede sostener indefinidamente. Además, la energía que gastamos en explotar estos recursos, y las formas en que los utilizamos y consumimos, produce contaminación y una degradación del medio ambiente. En particular, las llamadas emisiones de gases de efecto invernadero resultantes de nuestro uso de recursos (principalmente dióxido de carbono, metano y óxido nitroso), contribuyen significativamente al cambio climático global. Por lo tanto, si queremos mantener nuestro nivel de vida actual y llevar al mundo en desarrollo a estos mismos estándares, debemos prestar mucha más atención a la forma en que tratamos nuestro entorno natural. (P.C. Aïtcin & S. Mindess, Sustainable Concrete, Spon Press, 2011).

4.1 Introducción

América Latina y el Caribe (ALyC) es una región vulnerable a los desastres naturales, como las inundaciones, los movimientos de masa, los terremotos y los huracanes, entre otros. Estos fenómenos causaron la muerte de 240.000 personas entre 2005-2012, destruyeron ciudades, afectaron la producción de alimentos, agua y energía con pérdidas económicas estimadas en 85 mil millones de dólares (CAF, 2018). Los asentamientos informales o irregulares de viviendas, como las favelas o villas, albergan al 24 % de la población urbana y a menudo se constituyen en áreas de riesgo, sin acceso a la infraestructura o los servicios básicos, lo que aumenta la vulnerabilidad de esta población a los desastres naturales (BID, 2016).

El concreto es el producto industrializado más consumido en el mundo. Debido a sus características, como alta resistencia mecánica, durabilidad, bajo mantenimiento, disponibilidad y fácil uso, se convierte en un material importante para promover la resiliencia de las ciudades sostenibles. La resiliencia de los edificios e infraestructura puede entenderse como la capacidad de soportar eventos extremos a lo largo de su vida útil con daños mínimos, manteniendo la capacidad de proteger a las comunidades de estos mismos eventos. En comparación con otros sistemas estructurales como la madera, el concreto es el material que presenta el mejor rendimiento para resistir los desastres naturales (PCA, 2019).

Por otro lado, la incapacidad de la sociedad para reducir las emisiones GEI durante los últimos años ha aumentado la frecuencia de eventos climáticos que incrementan el riesgo de desastres naturales, como el calentamiento global, inundaciones, incendios, huracanes, entre otros (IPCC, 2019). La capacidad de recuperación de las ciudades se ha convertido en un objetivo importante para reducir los impactos de estos fenómenos y promover los objetivos del desarrollo sostenible. Como muestra la **Figura 4.1**, es esencial adaptar los sistemas constructivos para dar una respuesta efectiva a los eventos y evitar la pérdida de prestaciones de la estructura o edificio.

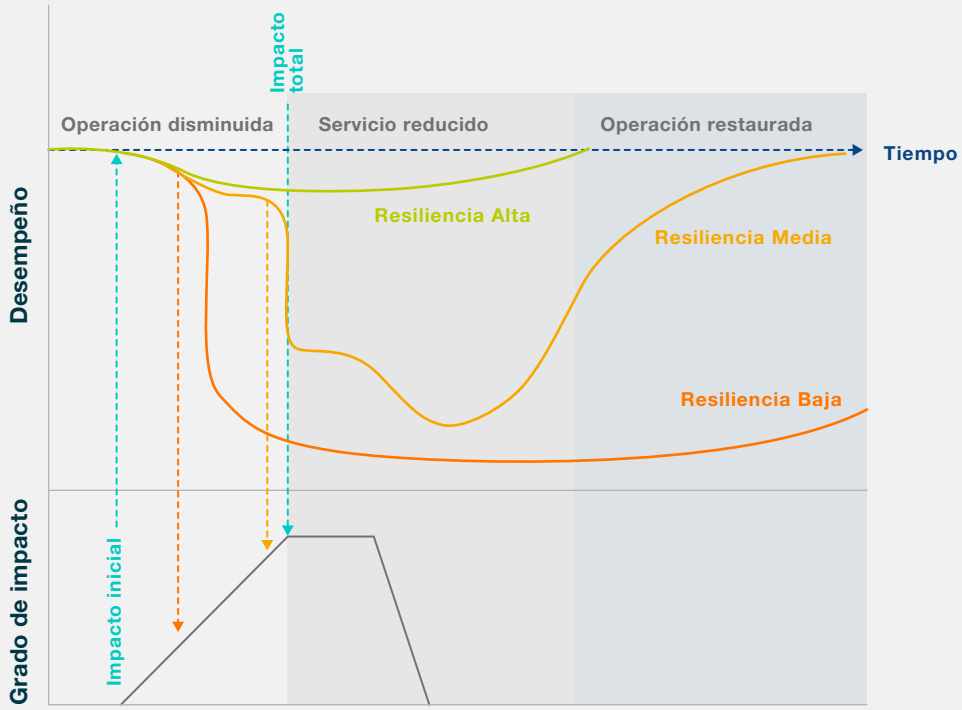


Figura 4.1. Influencia de la capacidad de recuperación (baja, media o alta) de un edificio o estructura para realizar su función. El costo de reparar la función es mayor en la solución de baja resiliencia y es menor en la solución de mayor resiliencia. Cuanto mayor es la pérdida de prestaciones de la estructura, mayor es el costo de reparación.

Las consecuencias del cambio climático para la sociedad son un problema grave, especialmente en las regiones más pobres y menos preparadas para enfrentar este problema. Como se muestra en la **Figura 4.2**, Haití sufrió desastres naturales consecutivos que han llevado a una reducción drástica en el ingreso familiar además de la pérdida del hogar que conlleva a un problema de organización comunitaria, subsidios estatales y graves dificultades sociales como son el hambre y la violencia.

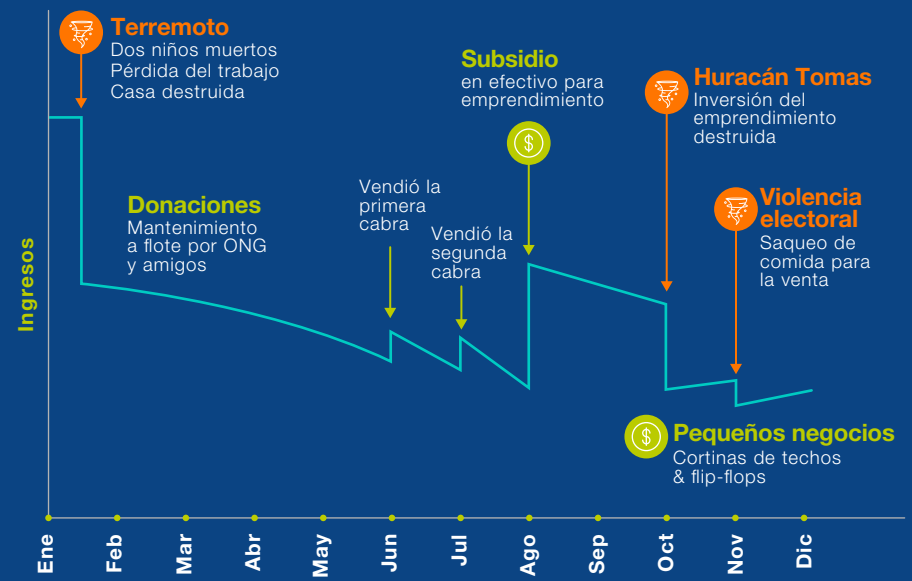


Figura 4.2. Impacto de fenómenos meteorológicos extremos en los ingresos de una familia en Haití. El eje vertical representa el ingreso familiar y el eje horizontal un año calendario.

4.2 Saneamiento y materiales de base cementícea para la contención del suelo

Sudamérica es la región con mayor abundancia de agua dulce en el mundo, donde Brasil, Colombia y Perú se encuentran entre los diez principales países del ranking mundial. Sin embargo, carece de los sistemas básicos de saneamiento, con énfasis en el agua potable y alcantarillado (ONU, 2016). Se espera que el crecimiento de la población y el cambio climático agraven la crisis del suministro de agua potable en muchas regiones metropolitanas y en regiones abastecidas por el agua de deshielo, como en la región andina (Vergara et al., 2007). En ALyC, el 73 % de la población tienen acceso a servicios de agua potable y solo el 52 % a servicios de alcantarillado (Latinosan, 2019). Además, parte de las aguas residuales recolectadas no reciben un tratamiento adecuado antes de ser vertidas en los cuerpos de agua naturales (PNAD, 2019); en Brasil representa aproximadamente el 26 % de las aguas residuales recolectadas. La falta de alcantarillado y tratamiento de agua servidas (**Figura 4.3**) impacta en la salud de la población y en los costos asociados, y reduce la resiliencia de las ciudades a las epidemias y pandemias.



Figura 4.3. Ausencia de alcantarillado en Brasil (Globo, 2017, 2016)

4.2.1 Concreto y suministro de agua



La demanda mundial de agua se multiplicó por seis en el siglo pasado y continúa creciendo de manera constante a una tasa del 1 % anual (UNESCO, 2019). En Brasil se espera que la demanda de agua aumente un 24 % entre 2017 y 2030 (ANA, 2019). La escasez de suministro generalmente es causada por la falta de infraestructura adecuada que garantice el acceso a la población (UNESCO, 2020). La proyección de la demanda de agua por el crecimiento de la población es compleja; esta demanda es agravada por el cambio climático (aumento de la temperatura y cambio en el régimen de precipitaciones). Se requieren medidas para mejorar la gestión y la planificación como la reducción del consumo y de las pérdidas en la red de distribución, el uso racional del agua en los hogares, etc. (CEPE, 2009). En muchos casos debería incluirse un aumento en el suministro y el almacenamiento de agua en las ciudades para compensar los períodos de sequía o la capacidad de las represas para controlar las inundaciones. El concreto es una parte esencial de este sistema, especialmente en la construcción de presas, túneles de captación y redes de distribución como tuberías y tanques de agua urbanos.

La adaptación a la falta de agua en muchas regiones de Centroamérica requerirá de un sistema de captación, almacenamiento y distribución de agua a gran escala (Antúnez et al., 2019). Las estructuras de almacenamiento pueden ser de metal, PVC o de concreto. Para un mayor almacenamiento se recomiendan las cisternas de concreto ubicadas sobre o debajo de la superficie. En el caso de cisternas enterradas se tiene el beneficio de que no ocupa el espacio exterior; sin embargo, es necesario realizar un diseño estructural más robusto y de poco mantenimiento, siendo el concreto el material a utilizar. Asimismo, los sistemas de distribución pueden ser de distintos materiales dependiendo de la capacidad necesaria.

Para mitigar la escasez de agua, otro tipo de obra de concreto muy utilizada son los pozos, especialmente en las ciudades pequeñas o zonas rurales que no cuentan con ríos o acueductos. En Panamá es muy común encontrar este tipo de estructura para extracción de agua en el llamado Arco Seco (GWP Centroamérica, 2015). Cabe destacar que el uso de pozos debe ser realizado bajo una gestión responsable de recursos hídricos y considerando las zonas y cantidad de recarga de acuíferos.

4.2.2 Concreto en sistemas de recolección y tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de aguas residuales es importante porque tiene un impacto directo en la salud de la población. El sistema de saneamiento básico consiste en tuberías de recolección, estaciones de bombeo y estaciones de tratamiento de aguas residuales **(Figura 4.4).**

Debido a que es una solución versátil y de bajo costo, el concreto se usa ampliamente para la ejecución de todo el sistema de saneamiento, desde tubos y canales de concreto prefabricado hasta plantas de tratamiento. La red de recolección de aguas residuales y pluviales debe funcionar por separado para que, en caso de inundaciones, evite la contaminación de las calles y las viviendas con aguas residuales, especialmente cuando hay un riesgo de desborde (Santos, 1999). Además, el concreto utilizado en la red de alcantarillado debe diseñarse considerando un ambiente agresivo debido al ataque del ácido sulfúrico biogénico (H_2SO_4) responsable de reducir la vida útil de la estructura.



Figura 4.4. Tuberías prefabricadas de concreto para alcantarillado y agua de lluvia (Izq). Planta de tratamiento de aguas residuales (Der.).

4.2.3 Reducción del consumo de agua en los materiales de base cementícea

Se espera que la producción de materiales cementantes basados en cemento portland, o cementos adicionados, aumente en los próximos años en países con demandas insatisfechas de vivienda e infraestructura, como Brasil (SNIC y ABCP, 2019). Estos materiales también pueden ayudar a reducir el consumo de agua urbana.

La formulación y producción de mezclas de base cementícea tiene un uso intensivo de agua, tanto para el lavado de equipos, la reducción de polvo, el curado y también en la formulación de los productos. Por razones de facilidad, las reglas y procedimientos establecen el uso de agua potable en la dosificación de concreto y mortero. Como resultado, el concreto y el mortero pueden consumir entre el 1-2 % del agua potable para el suministro residencial, una fracción que puede crecer en tiempos de crisis de agua, como la que enfrentó la ciudad de São Paulo en 2014. Sin embargo, la literatura muestra que es posible producir concreto con agua no potable, incluido el tratamiento de la aguas residuales en la propia planta (Figura 4.5), evitando pérdidas de distribución y costo.



Figura 4.5. Planta de tratamiento de agua residual en una planta de concreto.

4.3 Prevención de inundaciones

Las ciudades de ALyC han experimentado una importante expansión en los últimos años, tanto en grandes centros urbanos como en ciudades medianas. Muchas ciudades se construyeron en valles y zonas inundables de manera poco planificada, ocupando la llanura de inundación de los ríos e impermeabilizando el suelo, dejando a la población vulnerable expuesta al riesgo de inundaciones. La superficie urbana generalmente está constituida por 29-45 % de superficies pavimentadas, 20-25 % de techos, 20-37 % de vegetación y 8-15 % de otros materiales (Akbari et al., 2009). La impermeabilización del suelo intensifica las inundaciones de las ciudades, que fueron los desastres naturales más frecuentes en ALyC (BID, 2016).

Además, los sistemas de drenaje ineficientes, incapaces de satisfacer las necesidades, aumentan la frecuencia de las inundaciones. El cambio climático agravará la frecuencia e intensidad de estos fenómenos, como la lluvia torrencial más copiosa. Además, el aumento del nivel del mar puede llevar el problema a las regiones costeras que desconocían el problema (CEPE, 2009).



Las estructuras de prevención de inundaciones incluyen parques lineales, pisos permeables y presas. Deben dimensionarse teniendo en cuenta la duración y la intensidad de la lluvia, y basarse en un período de tiempo (retorno) aceptable para que sea representativo. Para aumentar la resiliencia, las estructuras también deberían estimar el período de retorno de cada evento torrencial en la cual la misma duración de la precipitación excede una cierta intensidad de lluvia. Los sistemas deben considerar el aumento predecible de las precipitaciones en las próximas décadas.

4.3.1 Parques lineales: drenaje y confort de áreas verdes

Una característica de las ciudades construidas en las zonas de los valles son los ríos y arroyos que las cruzan, lo que aumenta el riesgo de inundaciones (BID, 2013). En este escenario los parques lineales se han consolidado como una alternativa urbana creando no sólo un área ecológica y recreativa, sino también una herramienta de drenaje con suficiente capacidad para resistir las inundaciones sin dañar las actividades cotidianas del día a día de la ciudad y las prestaciones de los edificios. Estos parques lineales se construyen a lo largo del curso de agua de la ciudad combinando aspectos urbanos y ambientales.

Los parques lineales pueden usar componentes y estructuras de concreto resistentes al agua que sufren escasos a nulos daños durante las inundaciones. Por esta razón, ofrecen soluciones en la construcción de áreas verdes que estarán sujetas a inundaciones frecuentes, pero garantizan el drenaje y la infiltración de agua, además de evitar el agua estancada que es un foco de enfermedades como el dengue.

En primer lugar, este tipo de infraestructura debe desarrollarse en las áreas de la ciudad más vulnerables a las inundaciones, y debe dimensionarse teniendo en cuenta los efectos del cambio climático (EPA, 2017). La **Figura 4.6** ilustra un ejemplo de un parque lineal en la Ciudad de México que tiene elementos de drenaje en concreto diseñados para resistir las inundaciones. En la **Figura 4.7** se muestra un ejemplo de rehabilitación urbana en la ciudad de Seúl, donde un denso conjunto de caminos se ha transformado en un parque lineal. Los sistemas de concreto están diseñados para resistir inundaciones, retrasando la pérdida del rendimiento del sistema. Al evitar las inundaciones de las zonas urbanas, aumenta la capacidad de recuperación de la ciudad. Después de las inundaciones, se realiza la limpieza necesaria y el parque comienza a funcionar nuevamente sin perder el rendimiento de la estructura.



Figura 4.6. Parque lineal Cuernavaca en la Ciudad de México (urbanNext, 2017). El uso de concreto permeable canaliza el agua hacia una cámara inferior que funciona como una reserva y ralentiza las inundaciones.



Figura 4.7. Arroyo Cheonggyecheon, parque lineal en Seúl (habitado, 2020). El proyecto fue diseñado para rehabilitar la región, además de poder almacenar agua a lo largo del canal, protegiendo la ciudad de las inundaciones.

4.2.1 Pavimentos permeables

La urbanización implica un aumento de la impermeabilización con carreteras, calles y edificios que hacen que el agua escurra superficialmente en lugar de infiltrarse en el suelo. En São Paulo, Brasil, el área impermeable de la ciudad aumentó un 11 % entre 1985-2018. El uso de dispositivos para aumentar la infiltración y retrasar el flujo de agua al sistema de drenaje de la ciudad, como los pavimentos permeables y cisternas de almacenamiento, es deseable para reducir el riesgo de inundaciones y aumentar la capacidad de recuperación de las ciudades.

Un piso permeable es aquel que, además de poder soportar cargas como un piso convencional, debe tener un cierto grado de porosidad para permitir que el agua de lluvia se infiltre en el suelo o en un sistema de drenaje. Los pavimentos permeables se pueden usar en aceras y caminos peatonales, estacionamientos y carreteras. Al ser dimensionadas, deben observarse las condiciones y la intensidad del tráfico. Existen diferentes tipos de revestimiento, como el concreto poroso vertido en el sitio, pavimentos de adoquines intertrabados permeables por las juntas o a través de la masa de concreto y las mezclas asfálticas porosas. Además, el pavimento permeable se puede complementar con tuberías de drenaje para aumentar el drenaje del agua de lluvia, pudiéndose utilizar además para capturar y reutilizar el agua, que es una solución deseable para reducir el estrés hídrico en las ciudades (ver **apartado 4.1**). Para el almacenamiento y la reutilización del agua, es necesario instalar una cisterna generalmente enterrada en el suelo y debajo del nivel de los desagües para garantizar el flujo de agua por gravedad.

En pavimentos con poco tráfico (por ejemplo, estacionamientos), el uso de bloques o adoquines huecos funciona bien con un bajo mantenimiento durante su vida útil (Jabur et al., 2013). Por otro lado, el concreto permeable tiene un índice de vacío generalmente entre 15 y 30 %, siendo apropiado para soportar una intensidad de tráfico liviano a mediano; sin embargo, requiere un mantenimiento más cuidadoso en la vida útil para evitar la obstrucción de los poros y la consiguiente pérdida de su coeficiente de permeabilidad. El uso de canalones o canaletas (responsables del drenaje del agua) construidos con concreto permeable es una solución adecuada que elimina los problemas de formación de charcos que generalmente ocurren en los centros urbanos (Romagnoli et al., 2019). La **Figura 4.8** ilustra cuatro tipos de pavimentos permeables.

El uso de agregados reciclados localmente como base permeable del pavimento, entre otros usos, es una solución deseable que reduce, por un lado, los vertederos ilegales y el riesgo de inundaciones urbanas, y por otro lado el consumo de recursos naturales.



Figura 4.8. Tipología del revestimiento de piso permeable. (a) concreto permeable colocado en el sitio; (b) pavimento con placas permeables; (c) pavimento de enclavamiento permeable con juntas extendidas; (d) pavimento permeable entrelazado con áreas huecas. Los pisos tienen diferentes formas de percolación: (a) y (b) el agua pasa a través del pavimento mismo; (c) y (d) el agua pasa entre las juntas de las partes de concreto. Referencia (Silva, 2017)

4.3.3 Presas de control de inundaciones

Las presas, cuya función es retener y controlar el flujo de agua, son soluciones constructivas que ayudan en el control de inundaciones. Por lo general, se construyen en concreto convencional o concreto compactado con un rodillo, y funcionan por gravedad. Esta última solución (concreto compactado con rodillo) es interesante debido al menor costo y eficiencia en comparación con el concreto convencional (Filho, 2003). La **Figura 4.9** ilustra un ejemplo de aplicación, ubicado en el municipio de Tandil, Argentina, de 160 m de largo y 19,8 m de alto. Se prevé que la presa resuelva las inundaciones de una zona urbanizada de 3,35 km2 en periodos de fuertes lluvias que suelen acaecer entre abril y octubre. La presa regula el flujo del agua para ser drenados de manera controlada, evitando inundaciones en las zonas bajas de la ciudad.



Figura 4.9. Presa de concreto compactado con rodillos, Tandil, Buenos Aires, Argentina.

4.4 Industrialización de los materiales cementíceos y la resiliencia



Los procesos industriales para la producción de materiales cementíceos son más eficientes desde un punto de vista técnico, y más fáciles de controlar desde un punto de vista ambiental que la producción descentralizada. La arena es el insumo más consumido en la producción de materiales cementantes, con énfasis en el mortero. La mayor parte se extrae de los cauces de los ríos, en un proceso de bajo costo llevado a cabo en equipos móviles que es difícil de controlar por las autoridades ambientales y fiscales. Además, en la fase de consumo, es difícil vincular una carga o stock de arena urbana a su origen, legal o ilegal.

La extracción ilegal de arena es un problema global, particularmente en los países en desarrollo, según estudios del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2019) e incluso del Fondo Monetario Internacional (Edwards, 2015; Peduzzia, 2014). Como resultado, puede provocar daños en los ríos, facilitando la ocurrencia de inundaciones y aumentando el riesgo de las comunidades (Bendixen et al., 2019; Torres et al., 2017). La extracción legal es llevada a cabo por compañías formales con tecnologías de extracción más sofisticadas, además de cumplir con las restricciones ambientales y legales que resultan en un menor impacto en comparación con la extracción ilegal (Macedo et al., 2003).

La producción industrializada de mortero, concreto y componentes (prefabricados, bloques, etc.) facilita el control del origen de la arena, reduciendo la informalidad del sector. Además, la industrialización permite, por un lado, reducir las pérdidas de material y el consumo durante todo el proceso de producción y, por otro lado, incorporar más fácilmente arena artificial producida con residuos de la trituración de rocas. También el concreto prefabricado tiene control de resistencia mecánica evitando el uso de agregados ilegales donde el control granulométrico es menor (Reis et al., 2019).

4.5 Gestión y reciclaje de residuos de la construcción

La disposición ilegal de residuos de la construcción y la demolición es a menudo un problema global. Al igual que la arena, es difícil vincular una gran cantidad de residuos depositados ilegalmente en la ciudad con la responsabilidad del transporte o la generación.

El vertido ilegal en áreas cercanas a ríos y arroyos (Paz et al, 2018; Silva y Fernandes, 2012) dificulta el drenaje **(Figura 4.10),** lo que contribuye a las inundaciones urbanas y la proliferación de vectores. Los depósitos ilegales pueden producir accidentes y causar muertes, tal es el caso de la caída del vertedero ilegal ubicado en Favela Nueva República en 1989 que mató a 12 niños y 2 adultos en São Paulo (Leaf, 1996). Además, la limpieza ilegal de los residuos depositados es un alto costo para las ciudades (Pinto, 1999).

Para agravar el problema, se presenta ausencia de un adecuado marco legal y una adecuada infraestructura para la disposición de los residuos de la construcción y demolición, especialmente en ciudades de más de 100 o 200 mil habitantes, y una política pública que fomente el reciclaje.

La fracción mineral de los desechos de construcción (concreto y cerámica) se puede reciclar de manera simple en la producción de agregados para su uso en bases de pavimentos, sistemas de drenaje, asentamiento de suelos, gaviones, entre otros, preservando la naturaleza al reducir la demanda de agregados, reduciendo el vertido ilegal y los costos de recolección de residuos por parte de los municipios.

También es posible producir agregados gruesos reciclados para el concreto, pero se requiere de una mayor tecnología y en muchas situaciones prácticas aumenta el consumo de cemento para obtener la misma resistencia (Angulo et al, 2010; Angulo y Figueiredo, 2011) aumentando los costos y la huella de CO_2. Los intentos de producir agregados gruesos con un rendimiento similar al concreto resultan en un alto costo y un alto impacto ambiental que sólo se justifican en circunstancias excepcionales (Quattrone et al., 2014).

Asimismo, en regiones donde es escasa la arena natural se puede producir el agregado fino utilizando arena residual (Hawlitschek et al, 2013; Ulsen et al, 2013).

En las ciudades pequeñas puede no existir una escala económica para la construcción y operación de una planta de procesamiento de residuos de construcción y demolición. La Universidad de San Pablo (USP y el Instituto de Investigación y Tecnología (IPT), Brasil, desarrollaron un costo unitario de tecnología móvil (~50 % más barato) para permitir el reciclaje en municipios pequeños (IPT, 2010). El equipo es móvil y puede ser compartido por las municipalidades vecinas y de bajo costo, ya que no utiliza una trituradora para triturar el material, sino que sólo se realiza un cribado, suficiente para eliminar los contaminantes y separar el RCD en dos productos de acuerdo con el tamaño de las partículas, rechazo y clasificado (Goldemberg et al., 2012).





Figura 4.10. Residuos de construcción depositados cerca de arroyos y afluentes de ríos (Izq. - CREA-SP, 2016). Unidad de reciclaje móvil de bajo costo desarrollada para municipios pequeños (Der. - IPT, 2011)

En 2000, Brasil aprobó la resolución 307 de CONAMA que regula la gestión de los residuos de la construcción dentro de las ciudades. El modelo se implementó en grandes ciudades y funciona correctamente. Sin embargo, es muy complejo para pueblos pequeños. También se crearon normas técnicas para áridos reciclados y su uso en pavimentos y materiales cementantes. El proceso alentó la creación de sistemas de gestión de residuos de la construcción en las obras. Sin embargo, faltan políticas públicas para facilitar la implementación (Sinduscon-SP, 2005), el surgimiento de un negocio legal de transporte y vertederos, así como centros de reciclaje, que son organizado por la Asociación Brasileña para el Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición (ABRECON).

A diferencia de los metales, los agregados reciclados no son más baratos de procesar que los agregados naturales, excepto que existan circunstancias especiales en cuanto a la mayor distancia de transporte de materiales naturales; además la popularización de su uso depende del establecimiento de incentivos económicos por parte del gobierno, campañas de sensibilización y proyectos de demostración. En el caso brasileño, el gobierno no logró crear incentivos de mercado para el uso de agregados reciclados, tanto en el segmento de la pavimentación como en otros.

El reciclaje de los residuos de la construcción, reducen sustancialmente los impactos ambientales asociados con la extracción de recursos naturales, minimizando el uso de los recursos naturales vírgenes.

4.6 Muros y obras de contención de movimientos en masa

El riesgo de deslizamientos de tierra en las laderas se produce en regiones de relieve accidentado, especialmente en las laderas, y áreas susceptibles a terremotos o elevadas precipitaciones (Figura 4.11), ya que el suelo saturado gana masa y pierde resistencia, aumentando el deslizamiento de tierra. Se espera que los cambios climáticos acentúan la ocurrencia de lluvias torrenciales y con ellas, el riesgo de movimientos en masa debería aumentar. Los impactos son severos cuando alcanzan áreas urbanas que conducen a la destrucción de viviendas, sepultamiento de personas e interrupción de carreteras.

En ALyC, varias regiones, debido a su ubicación, presentan riesgos de deslizamientos, como la ciudad de La Paz, Bolivia, con un área urbana de 87,8 km2, que se encuentra en una región con topografía irregular con riesgo de deslizamientos. La deforestación de taludes y los asentamientos informales en las colinas son factores de riesgo para deslizamientos de tierra, además de favorecer el transporte de sedimentos a las zonas urbanas, obstruir el sistema de drenaje y aumentar el riesgo de inundaciones.



Figura 4.11. Deslizamiento de tierra en Colombia (izquierda) y Brasil (derecha). La deforestación y la construcción informal en las colinas exacerban el problema. En ambos casos, el impacto social es grande con la pérdida de vidas y familias desplazadas.

La alternativa de desplazar comunidades de áreas de alto riesgo implica la destrucción de la comunidad existente y posiblemente un aumento en la distancia del desplazamiento, lo que tiene implicaciones económicas, sociales y ambientales. Por lo tanto, las medidas de estabilización de taludes son una alternativa prometedora en muchas situaciones prácticas. El uso de estacas de retención de concreto o acero es una solución adecuada porque aumenta la resistencia del suelo, permite el flujo de agua y evita el deslizamiento de la pendiente. Por lo general, este tipo de vivienda es informal y se construye sin cumplir con los códigos de construcción, lo que las hace más vulnerables a los deslizamientos de tierra. Los servicios de contención deben complementarse con la urbanización y la mejora de la vivienda, así como un aumento de la vegetación natural: las raíces de los árboles ayudan a contar la ladera, también se pueden hacer obras como el terraceo para disminuir el peso de la masa en movimiento **(Figura 4.12).** Uno de los temas clave en estos casos es controlar la infiltración de agua para disminuir el peso y la presión de poros en el suelo.



Figura 4.12. Estructuras para la contención de suelos. a) Elementos prefabricados y b) Muro de contención en forma de bolsa construido en concreto.

Los muros de contención de concreto armado, vertidos en el lugar o prefabricados, son una solución de probada eficacia. En muchas situaciones, es posible reducir el riesgo asociado con los deslizamientos de tierra mediante la introducción de una pared discontinua que permite reducir la energía cinética del material y retener parte del sólido **(Figura 4.13),** y que, antes del accidente, permite el flujo de agua sin obstáculos, como el movimiento de personas y animales, preservando el paisaje.

También se pueden utilizar sistemas similares aguas abajo de las presas de relaves que se encuentran al final de su vida útil, un problema que se ha intensificado en los últimos años en Brasil.



Figura 4.13. Los muros de contención de concreto armado pueden usarse para proteger áreas urbanas al reducir la energía de deslizamientos.

4.7 Comunidades resistentes a las inundaciones

Las viviendas ubicadas en áreas susceptibles a inundaciones, como regiones costeras, en áreas de baja elevación o cercanas a los ríos, el uso de zancos o pilotes es una solución efectiva. Este sistema de construcción permite elevar la casa en relación con el terreno, reduciendo el riesgo de inundación o de ser arrastrado por las corrientes. La **Figura 4.14** ilustra un barrio construido sobre pilotes de madera en Chiloé, Chile. En situaciones de inundación, el vecindario resiliente está protegido, manteniendo la estructura y habitabilidad de las casas.

Los huracanes y tornados ocurren en algunas regiones de ALyC. El cambio climático aumenta la frecuencia de estos fenómenos e incluso en regiones que actualmente no están afectadas, pueden comenzar a estarlo. Las pérdidas son grandes, destruyendo los sistemas de construcción de viviendas, especialmente los techos y las construcciones livianas como en los sistemas de madera (PCA, 2019). La red eléctrica también se ve afectada, dejando a los hogares sin electricidad, además del riesgo de electrocución. Enterrar la red de distribución, a pesar del mayor costo, es una solución de seguridad. La **Figura 4.15** (izquierda) muestra el impacto de un tornado en el sur de Brasil. Los materiales y techos de madera ligera fueron los más afectados, mientras que los más pesados como el muro de mampostería aún permanecen. La **Figura 4.15** (derecha) muestra la vulnerabilidad de la red eléctrica cuando no está enterrada.



Figura 4.14. Uso de pilotes de madera. Chiloé, Chile. (Qualviagem, 2016).



Figura 4.15. Impacto del tornado en São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil (Izq.)(CEEE, 2017). Impacto en la red eléctrica del tornado en Vila Oliva, Rio Grande do Sul, Brasil (Der.) (Caxias, 2017).

La elección de materiales y sistemas de construcción juegan un papel importante en la resiliencia de los hogares a los huracanes y tornados. Las soluciones de con mayor masa evitan que el material se desprenda (Givoni, 1998), lo que aumenta la resistencia de las viviendas. Las estructuras de concreto y los sistemas de construcción, como se muestra en la **Figura 4.16,** son buenas soluciones.



Figura 4.16. Casa con elementos estructurales prefabricados de concreto desarrolladas para resistir huracanes. Según el fabricante, soporta vientos de hasta 280 km/h (Itambé, 2017). La base de la casa se eleva a 1,8 m sobre el suelo, lo que permite un buen comportamiento frente a las inundaciones.

Los terremotos dañan los edificios y las estructuras, también provocan el deslizamiento de masas en los terrenos con pendientes. Para aumentar la resiliencia a los terremotos sin derrumbar estructuras, los edificios y la ciudad deben adaptarse según el riesgo. La cuantificación del riesgo involucra los siguientes parámetros (Chatelain et al., 1999; Santa-Cruz et al., 2017): (i) verificar que los códigos de construcción y los estándares técnicos sean adecuados; (ii) probabilidad del terremoto que depende de la región (Ceresis, 2020); (iii) encuesta de estructuras existentes en ciudades, comenzando con aquellas que tienen funciones críticas, como hospitales, accesos, puentes; (iv) determinar la vulnerabilidad de estas estructuras; (v) plan de acción para reforzar las medidas de intervención a corto y largo plazo. Las zonas costeras tienen un riesgo adicional de tsunami, que debe tenerse en cuenta al cuantificar el riesgo.

Debido a que tienen suelos más fértiles y son ricos en nutrientes, varias ciudades están ubicadas en áreas cercanas a los volcanes; sin embargo, la actividad volcánica pone en riesgo a las poblaciones locales. La implementación de sistemas de alerta temprana y sistemas de construcción resistentes a cenizas y polvo, especialmente techos y pisos, son importantes para permitir el tiempo de evacuación sin el colapso de la estructura y también prever los problemas de taponamiento de los drenajes.

4.8 Confort térmico y ahorro de energía

4.8.1 Edificios

Los materiales cementíceos tienen características que pueden ayudar en la construcción bioclimática, que considera, entre otros, los factores climáticos locales al desarrollar soluciones arquitectónicas dirigidas a la comodidad, la eficiencia energética y la reducción de los impactos ambientales. Entre los diversos factores que interfieren en la bioclimatología aplicada a la arquitectura, los elementos de construcción a base de cemento pueden componer sistemas que colaboran para sombrear, ventilar, iluminar, calentar o enfriar según sea la necesidad.

En climas cálidos y secos es necesario amortiguar la fuerte variación de temperatura día-noche, que se puede hacer por el incremento de la inercia térmica, el uso de superficies reflectantes para disminuir las ganancias de calor, y soluciones para el sombreado. En climas fríos, es importante mantener el calor interno, para esto se utiliza inercia térmica, materiales aislantes y hermeticidad. En climas cálidos y húmedos, las estrategias son para disminuir el calor y la humedad internas. Se buscan muros envolventes ligeros, debido a la baja variación de temperatura día-noche, incremento de ventilación y sombreado. Las cubiertas son los planes más importantes pues funcionan como sombrilla y paraguas. Anchos voladizos, porches, pérgolas, celosías, rejas, parasoles son adecuados al clima, así como suelos elevados para colaborar con la exposición a las brisas, proteger de las inundaciones y los insectos **(Figura 4.17).** Los climas templados requieren soluciones más complejas, con recursos móviles o practicables según la situación temporal (Florensa & Roura, 1995); por ejemplo, en Brasil, la norma ABNT NBR 15.575:2013 (Desempeño de Edificaciones Habitacionales)(ABNT, 2013) y 15.220:2005 (Desempeño Térmico de Edificaciones) (ABNT, 2005) dividen el país en ocho zonas bioclimáticas distintas, y da criterios variados para el confort térmico, y directrices constructivas según cada zona. Así, para la zona bioclimática 1 se sugiere paredes externas ligeras y cubierta liviana y aislada, mientras que para la zona 7, paredes externas y cubiertas pesadas.

Para dar respuesta arquitectónica a las diferentes exigencias climáticas encontradas en ALyC se puede hacer uso de numerosos productos de base cementícea, sin necesidad de emplear una gran tecnología de construcción. Se destacan los elementos prefabricados y premoldeados **(Figuras 4.18 y 4.19),** concretos celulares curado en autoclave, aislantes estructurales, drenantes, de alto desempeño, paneles compuestos (con PVC, EPS, polímeros, madera, etc.). Al ser empleados en combinación con un diseño y otros materiales apropiados a las condiciones locales, estos elementos permiten dar una respuesta sostenible y resiliente en la construcción. Las soluciones tecnológicas desarrolladas para regiones con un clima diferente y un entorno socioeconómico diferente son desaconsejados.



Figura 4.17. Ejemplos de elementos de protección solar y soluciones en concreto para la adecuación al clima cálido y húmedo.

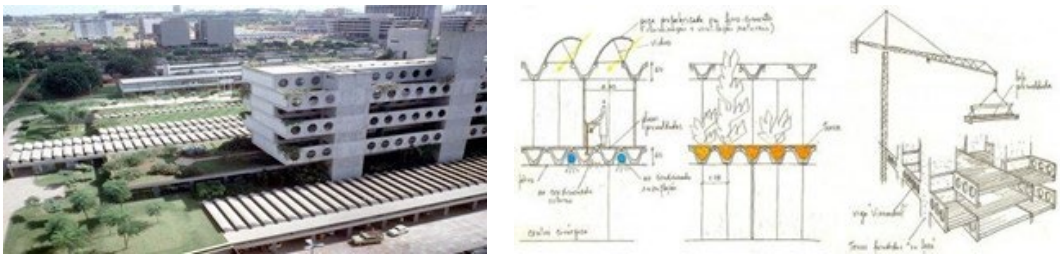


Figura 4.18. Elementos prefabricados de concreto que facilitaron soluciones bioclimáticas para el Hospital Sarah en Brasilia (Brasil), obra del arquitecto João Filgueiras Lima.





Figura 4.19. En el lado izquierdo, detalle de la funcionalidad de elementos perforados (cobogós): Sombreado y ventilación natural. En el lado derecho, la Biblioteca Nacional de Brasilia con cobogós de concreto blanco a lo largo de la fachada externa de 120m de largo.

4.8.2 Isla de calor urbano

Las ciudades suelen ser islas de calor, porque son más cálidas que el entorno rural. Las islas de calor son el resultado de la menor cantidad de vegetación, cuya evapotranspiración enfría el medio ambiente, las pérdidas térmicas de los motores, hornos y otras fuentes que disipan calor que se concentran en el entorno urbano y debido a la absorbancia de los materiales de construcción que componen la superficie construida de la ciudad -edificios y calles- puede ser relativamente alto. En las regiones donde el calor es el principal problema del confort térmico, las islas de calor reducen la comodidad tanto de los peatones como de los residentes de los edificios sin acondicionamiento térmico artificial, y aumentan la demanda de energía necesaria para la refrigeración.

Por lo tanto, los materiales de construcción de alta reflectancia ayudan a enfriar las ciudades. Este hecho condujo a la aparición de soluciones de ingeniería para superficies frías y la incorporación de reflectancia y emisión en programas de certificación de eficiencia energética como Energy Star de EPA, LEED y Cool Roof Council en los Estados Unidos de Norteamérica, y en los estándares técnicos brasileños de rendimiento térmico de edificios. Pero además de los edificios, las calles y en especial los pavimentos son una parte importante del área urbana. Los beneficios de adoptar superficies frías en las ciudades dependen del clima local y de la reflectancia de la ciudad actual, incluida la fracción del área cubierta por materiales artificiales, pero se ha estimado entre 0,4 y 2,0 °C (Sen et al., 2019).

En muchas regiones calientes, la solución de pavimentación más popular es el asfalto, un material con muy baja reflectancia (0,05 – 0,10), que se vuelve más baja a medida que envejece. El reemplazo del pavimento de asfalto por concreto que tiene una reflectancia nítidamente más alta que el asfalto, puede producir ganancias significativas en la reducción de la temperatura de la superficie. Un estudio sistemático de la PCA muestra que, dependiendo del clínker y las adiciones presentes en el cemento y la naturaleza de los agregados, es posible producir concretos con cemento gris con una reflectancia que varía de 0,34 (con un alto contenido de cenizas volantes) a 0,64 (con alto contenido de escorias) (PCA, 2008). Los cementos blancos pueden dar como resultado concretos con una reflectancia de hasta 0,69.

Estos valores se reducen con el envejecimiento, particularmente para concretos con superficies porosas (EPA, 2008). La producción de concretos con superficies autolimpiantes producidos con aditivos de nanopartículas de TiO2 (anatasa) es una solución para retrasar la pérdida de reflectancia (Werle et al., 2016). Los pisos drenantes o permeables debido a la mayor porosidad de su estructura o aberturas, reducen la concentración de calor en la superficie del pavimento (EPA, 2008), además de contribuir a la reducción de las inundaciones (ver **apartado 4.3.2**).



En los techos de viviendas, el uso de materiales fríos, definidos como aquellos con alta reflectancia y emisividad, puede reducir las cargas de enfriamiento entre 18 a 93 % y la demanda con aire acondicionado entre 11 a 27 % para edificios residenciales (Synnefa et al., 2007). El uso de colores claros y materiales de baja rugosidad son buenas soluciones, pero también hay pigmentos fríos, que parecen oscuros para los ojos humanos, pero debido a que tienen la capacidad de reflejar la radiación infrarroja, tienen una reflectancia muy alta (Akbari et al., 2005).

Para el caso de los pisos, el índice de reflectancia solar varía en baldosas cerámicas esmaltadas entre 0,11-0,66, baldosas de concreto 0,10-0,37 y baldosas cerámicas rústicas entre 0,25-0,47 (Muniz-Gäal et al., 2018). Los valores más altos corresponden a colores más claros. El uso de cal hidratada es una buena solución por su alta reflectancia y por ser un material ecológico.

4.9 Consideraciones finales

En una ciudad, el abastecimiento y provisión de servicios básicos (agua potable, saneamiento, energía, pavimentos y drenajes) es esencial, siendo una gran proporción de esta infraestructura construida en concreto. En un futuro cercano no se observa un material disponible capaz de reemplazar al concreto, que sea capaz de proporcionar sus mismos atributos de resistencia, robustez y prolongada vida útil con bajo mantenimiento a las infraestructuras y edificaciones, en un nivel de escala significativo para atender las necesidades postergadas y las demandas del futuro.

Las estructuras construidas en concreto, con diseños, técnicas y prácticas adecuadas, son capaces de resistir los sismos, los vientos huracanados, las inundaciones y el fuego, reduciendo la pérdida de vidas humanas, y el impacto de los desastres naturales sobre la vivienda e infraestructura. La nueva infraestructura urbana verde que incluye el diseño de aceras y pavimentos drenantes, los muros de contención para evitar deslizamientos y los pequeños diques reguladores para evitar los perjuicios de las lluvias intensas, también son y serán construidas con concreto. En síntesis, este material continuará siendo un actor clave en desarrollo de la resiliencia urbana en términos de mejoramiento del hábitat, resiliencia a los desastres naturales y adaptación al cambio climático.

Para contribuir a la sostenibilidad es necesario disminuir los residuos de la construcción y el consumo de agua en las obras, así como hacer posible la incorporación en gran escala de los residuos de la demolición en los materiales de construcción.

En cuanto a la contribución a la mitigación del cambio climático, una ciudad sostenible requiere de un uso más eficiente de la energía en los edificios, en las viviendas y en el transporte. A pesar de contener mayor energía incorporada, las estructuras de concreto también pueden contribuir a conseguir una mayor eficiencia energética con diseños adecuados y usando su masa térmica para el acondicionamiento térmico.

4.10 Referencias

- ABNT, A.B. de N.T., 2013. NBR 15575 - Desempenho de Edificações Habitacionais.
- ABNT, A.B. de N.T., 2005. Norma ABNT NBR 15.220.
- Akbari, H., Menon, S., Rosenfeld, A., 2009. Global cooling: increasing world-wide urban albedos to offset CO_2. Clim. Change 94, 275–286. https://doi.org/10.1007/s10584-008-9515-9
- Akbari, H., Miller, W., Berdahl, P., 2005. Cool Colored Roofs to Save Energy and Improve Air Quality. Am. Counc. Energy-Effic. Econ. 19.
- ANA, 2019. Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil. Agência Nacional de Águas, Brasília, Brasil.
- Angulo, S.C., Carrijo, P.M., Figueiredo, A.D., Chaves, A.P., John, V.M., 2010. On the classification of mixed construction and demolition waste aggregate by porosity and its impact on the mechanical performance of concrete. Mater. Struct. Constr. 43, 519–528.
- Angulo, S.C., Figueiredo, A.D., 2011. Concreto com agregados reciclados, in: Concreto: Ciência e Tecnologia. Instituto Brasileiro do Concreto, São Paulo, pp. 1731–1768.
- Antúnez, B., Paredes, G., & Munguia, S. (2019). Manual de construcción de cosecha de aguas lluvia en barrios populares de Tegucigalpa. Inter-American Development Bank. https://doi.org/10.18235/0001861
- Bendixen, M., Best, J., Hackney, C., Iversen, L.L., 2019. Time is running out for sand. Nature 571, 29–31. https://doi.org/10.1038/d41586-019-02042-4
- BID, 2016. Ocurrencia y Gestión de inundaciones en América Latina y el Caribe – Factores claves y experiencia adquirida. Banco Interamericano de Desarrollo.
- BID, 2013. Experiências de parques lineares no Brasil: espaços multifuncionais com o potencial de oferecer alternativas a problemas de

drenagem e águas urbanas., Setor de Infra-Estrutura e Meio Ambiente. Banco Interamericano de Desenvolvimento.

- CAF, 2018. Cidades resilientes, essenciais no atendimento a desastres naturais | CAF. URL https://www.caf.com/pt/presente/noticias/2018/06/cidades-resilientes-essenciais-no-atendimento-a-desastres-naturais/
- Caxias, 2017. Moradores relatam momentos de terror vividos em Vila Oliva. Rádio Caxias - 935 FM. URL https://www.radiocaxias.com.br/portal/noticias/moradores-relatam-momentos-de-terror-vividos-em-vila-oliva-77153
- CEEE, G., 2017. CEEE entrega doações dos funcionários aos atingidos pelo tornado em São Francisco de Paula.
- Ceresis, 2020. Red sísmica de Sudamérica [WWW Document. URL http://ceresis.org/catalogo.php?id=49
- Chatelain, J.-L., Tucker, B., Guillier, B., Kaneko, F., Yepes, H., Fernandez, J., Valverde, J., Hoefer, G., Souris, M., Dupérier, E., Yamada, T., Bustamante, G., Villacis, C., 1999. Earthquake risk management pilot project in Quito, Ecuador. GeoJournal 49, 185–196. https://doi.org/10.1023/A:1007079403225
- CREA-SP, 2016. Livro técnico da area Jaboticabal. Resíduos da construção civil. Associação Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de Jaboticaba, Jaboticabal.

de Paula, H.M., de Oliveira Ilha, M.S., Andrade, L.S., 2014. Concrete plant wastewater treatment process by coagulation combining aluminum sulfate and Moringa oleifera powder. J. Clean. Prod. 76, 125–130. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.04.031

- Edwards, B., 2015. The Insatiable Demand for Sand. IMF Finance Dev. 52, 46–47.
- EPA, 2017. Green Infrastructure in Parks: A Guide to Collaboration, Funding, and Community Engagement (U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water). United States of America.
- EPA, 2008. Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. U.S. Environmental Protection Agency, United States of America.
- Filho, L., 2003. O uso do concreto compactado com rolo em barragens - tendências futuras. Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, Brasil.
- Florensa, R.S., Roura, H.C., 1995. Arquitectura y Energía Natural. UPC, Barcelona.
- Folha, 1996. Desabamento na favela Nova República matou 14. Folha São Paulo.
- Givoni, B., 1998. Climate considerations in building and urban design. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Globo, 2017. Universalização do saneamento traria R$ 537 bi ao país em 20 anos, diz estudo. G1. URL https://g1.globo.com/economia/noticia/universalizacao-do-saneamento-traria-r-537-bi-ao-pais-em-20-anos-diz-estudo.ghtml
- Globo, 2016. Perda por falta de saneamento em favelas chega a R$ 2,5 bilhões ao ano. G1. URL http://g1.globo.com/economia/noticia/2016/05/perda-por-falta-de-saneamento-em-favelas-chega-r-25-bilhoes-ao-ano.html
- Goldemberg, J., Agopyan, V., John, V., 2012. O desafio da sustentabilidade na constução civil. Blucher.
- GWP Centro América. (2015). Situación de los Recursos Hídricos en Centroamérica Panamá. www.gwpcentroamerica.org
- Hawlitschek, G., Cardoso, F.A., Ulsen, C., Amaral, I., Kahn, H., Pileggi, R.G., John, V.M., 2013. Study of the influence of recycled sands from construction and demolition waste (CDW) in mortars, in: Proceedings of the X Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, ANTAC, Fortaleza, p. 13.
- IPCC, 2019. Global Warming of 1.5 oC. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. The Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPT, 2011. Apoio na gestão de resíduos [WWW Document]. Inst. Pesqui. Tecnol. URL http://www.ipt.br/noticia/367.htm
- IPT, 2010. Práticas de gestão. IPT. URL http://www.ipt.br/noticia/199.htm
- Itambé, 2017. Flórida desenvolve tecnologia para construir casas antifuracões | Cimento Itambé. URL https://www.cimentoitambe.com.br/florida-casas-antifuracoes/

- Jabur, A., Dornelles, F., Silveira, A., Goldenfum, J., Cardoso, A., Okawa, C., 2013. Avaliação de pavimentos permeáveis com o uso da norma ASTM C1701. Simpósio Bras. Recur. Hídricos 8.
- Klus, L., Václavík, V., Dvorský, T., Svoboda, J., Papesch, R., 2017. The Utilization of Waste Water from a Concrete Plant in the Production of Cement Composites. Buildings 7, 120. https://doi.org/10.3390/buildings7040120
- LATINOSAN, 2019. Informe Regional V. Conferencia Latinosan - 2019. Conferência Latino-americana de Saneamento, Costa Rica.
- Macedo, A.B., de Almeida Mello Freire, D.J., Akimoto, H., 2003. Environmental management in the Brazilian non-metallic small-scale mining sector. J. Clean. Prod., Environmental management 11, 197–206. https://doi.org/10.1016/S0959-6526(02)00039-2
- Marques, T.D.C.Q., Marques, H.R., 2019. Elementos vazados e seu design na Arquitetura. Multitemas 24, 117. https://doi.org/10.20435/multi.v24i56.2019
- Muniz-Gäal, L.P., Pezzuto, C.C., Carvalho, M.F.H. de, Mota, L.T.M., 2018. Eficiência térmica de materiais de cobertura. Ambiente Construído 18, 503–518. https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000100235
- NBR 15220-3, 2005. Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. Brasil.
- Paspst, A., 1999. Uso de Inércia térmica no clima subtropical. Estudo de caso em Florianópolis – SC. Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina. Brasil.
- Paz, D., Lafayette, K., Sobral, M. do C., Holanda, M.J., Ximenes, T., 2018. Riscos de impactos ambientais proveniente da deposição irregular de Resíduos da Construção Civil em bacias hidrográficas da Região Metropolitana do Recife. Águas Subterrâneas 32, 325–336. https://doi.org/10.14295/ras.v32i3.29149
- PCA, 2019. The real value of resilient construction. America's Cement Manufacturers.
- PCA, 2008. Solar Reflectance Values of Concrete. Portland Cement Association, United States of America.
- Peduzzia, P., 2014. Sand, rarer than one thinks. UNEP, Paris.
- Pinto, T., 1999. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- PNAD, 2019. PNAD Contínua: abastecimento de água aumenta no Centro-Oeste em 2018, mas se mantém abaixo do patamar de 2016 [WWW Document]. URL https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/24532-pnad-continua-abastecimento-de-agua-aumenta-no-centro-oeste-em-2018-mas-se-mantem-abaixo-do-patamar-de-2016
- Qualviagem, 2016. Chiloé: palafitas, colinas e igrejas no Chile. Qual Viagem. URL http://www.qualviagem.com.br/chiloe-palafitas-colinas-e-igrejas-no-chile/
- Quattrone, M., Angulo, S.C., John, V.M., 2014. Energy and CO2 from high performance recycled aggregate production. Resour. Conserv. Recycl. 90, 21–33. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.06.003
- Reis, D. da C., Mack-Vergara, Y., John, V.M., 2019. Material flow analysis and material use efficiency of Brazil's mortar and concrete supply chain. J. Ind. Ecol. 23, 1396–1409. https://doi.org/10.1111/jiec.12929
- Romagnoli, B., Macedo, L., Bianchi, L., 2019. Estudo da Aplicação de Concreto Permeável em Sarjetas de Vias Urbanas.
- Santa-Cruz, S., Palomino, J., Liguori, N., Vona, M., Tamayo, R., 2017. Seismic Risk Assessment of Hospitals in Lima City Using GIS Tools, in: Gervasi, O., Murgante, B., Misra, S., Borruso, G., Torre, C.M., Rocha, A.M.A.C., Taniar, D., Apduhan, B.O., Stankova, E., Cuzzocrea, A. (Eds.), Computational Science and Its Applications – ICCSA 2017, Lecture Notes in Computer Science. Springer International Publishing, Cham, pp. 354–367. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62398-6_25
- Santos, M., 1999. O Saneamento frente às Situações Emergenciais motivadas pelas Enchentes: Caso do Município do Rio de Janeiro. Ministério da Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro. Brasil.

- Sen, S., Roesler, J., Ruddell, B., Middel, A., 2019. Cool Pavement Strategies for Urban Heat Island Mitigation in Suburban Phoenix, Arizona. Sustainability 11, 4452. https://doi.org/10.3390/su11164452
- Shaikh, A., Inamdar, V., 2016. Study of Utilization of Waste Water in Concrete. J. Mech. Civ. Eng. 13, 105–108.
- Silva, C., 2017. O uso do pavimento permeável nas cidades.
- Silva, V.A. da, Fernandes, A.L.T., 2012. Cenário do gerenciamento dos resíduos da construção e demolição (RCD) em Uberaba-MG. Soc. Amp Nat. 24, 333–344. https://doi.org/10.1590/S1982-45132012000200012
- Sinduscon-SP, 2005. Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil - A experiência do SindusCon-SP. Sinduscon-SP, Sao Paulo.
- SNIC and ABCP, 2019. Roadmap tecnológico do cimento: potencial de redução das emissões deemissõesde carbono da indústria do cimento brasileira até 2050. Sindicato Nacional da Indústria do Cimento and Associação brasileira de cimento portland, Rio de Janeiro.
- Synnefa, A., Santamouris, M., Akbari, H., 2007. Estimating the effect of using cool coatings on energy loads and thermal comfort in residential buildings in various climatic conditions. Energy Build. 39, 1167–1174. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.01.004
- Torres, A., Brandt, J., Lear, K., Liu, J., 2017. A looming tragedy of the sand commons. Science 357, 970–971. https://doi.org/10.1126/science.aao0503
- Ulsen, C., Kahn, H., Hawlitschek, G., Masini, E.A., Angulo, S.C., John, V.M., 2013. Production of recycled sand from construction and demolition waste. Constr. Build. Mater. 40, 1168–1173. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.02.004
- UN, 2016. Banco Mundial: América Latina tem água em abundância, mas falta saneamento. ONU Bras. URL https://nacoesunidas.org/banco-mundial-america-latina-tem-agua-em-abundancia-mas-falta-saneamento/ (accessed 4.15.20).
- UNECE, 2009. Guidance on Water and Adaptation to Climate Change. United Nations, Geneva, Switzerland.
- UNEP, 2019. Sand and Sustainability: Finding New Solutions for Environmental Governance of Global Sand Resources. United Nations Environment Programme, Geneva, Switzerland.
- UNESCO, 2020. United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris, França.
- UNESCO, 2019. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2018 (Programa Mundial das Nações Unidas para Avaliação dos Recurso Hídricos). Perúgia, Itália.
- Vergara, W., Deeb, A.M., Valencia, A.M., Bradley, R.S., Francou, B., Zarzar, A., Grünwaldt, A., Haeussling, S.M., 2007. Economic Impacts of Rapid Glacier Retreat in the Andes. Eos 88, P. 261. https://doi.org/200710.1029/2007EO250001
- Werle, A.P., de Souza, M.L., Loh, K., Ando, R., John, V.M., 2016. The performance of a self-cleaning cool cementitious surface. Energy Build., SI: Countermeasures to Urban Heat Island 114, 200–205. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.06.025



CAPÍTULO

05

Diseños y códigos

de construcción para ciudades e infraestructuras resilientes

CIUDADES RESILIENTES

Diseños y códigos de construcción para ciudades e infraestructuras resilientes

"La capacidad de gestión de las instituciones ambientales en la región se ve limitada no tanto por la carencia de leyes, ..., sino por la debilidad política para hacerlas cumplir. Además, y pese a los progresos en el establecimiento de marcos institucionales y legales, el medio ambiente sigue sin recibir la prioridad política y presupuestaria que merece."

(PNUMA, 2010)

5.1 El código como parte de la legislación

Desde las primeras civilizaciones han existido códigos y normativas para la construcción, que han estado relacionadas con el cuerpo legislativo civil y penal. Por ejemplo, el Código de Hammurabi (1790-1750 a.C.) es la primera normativa que menciona responsabilidades civiles y penales de los constructores por defectos en la construcción **(Tabla 5.1)** (Espílez Murciano, 2009).

Tabla 5.1. Leyes del Código de Hammurabi

Ley 53:	Si uno, negligente en reforzar su dique, no ha fortificado el dique y se produce una fisura en él, y la zona se ha inundado de agua, ese restituirá el trigo que ha destruido.
Ley 229:	Si un arquitecto hizo una casa para otro, y no la hizo sólida, y si la casa que hizo se derrumbó y ha hecho morir al propietario de la casa, el arquitecto será muerto.
Ley 230:	Si ello hizo morir al hijo del propietario de la casa, se matará al hijo del arquitecto.
Ley 231:	Si hizo morir al esclavo del dueño de la casa, dará al propietario de la casa esclavo como esclavo (un esclavo equivalente).
Ley 232:	Si le ha hecho perder los bienes, le pagará todo lo que se ha perdido, y, porque no ha hecho sólida la casa que construyó, y se ha derrumbado, reconstruirá a su propia costa la casa.
Ley 233:	Si un arquitecto hizo una casa para otro y no hizo bien las bases, y si un nuevo muro se cayó, este arquitecto reparará el muro a su costa.

El origen de los actuales códigos de construcción se remonta al Imperio Romano, tanto en la infraestructura como en su técnica para la construcción de caminos, puentes, acueductos y cisternas para comunicar y abastecer a las ciudades. Los estatutos municipales romanos siempre establecían el poder municipal sobre el ordenamiento de las edificaciones, la conservación por parte del propietario y los límites del propietario en cuanto a la adecuación y cambio en las construcciones (Morena López & Moreno Rosa, 2010). La ocupación romana dejó sentada la organización política de Hispania (península ibérica) donde existió el municipium, una ciudad romana, que tenía un estatus inferior a la colonia romana.



Cuando la corana española coloniza América, las nuevas ciudades se crean con un modelo uniforme de planeamiento y urbanización a través de disposiciones que se conocen bajo el nombre de “Leyes de Indias”. El gobierno local disponía las normas de construcción en el ejido urbano, que incluía el centro cívico (plaza y edificios públicos y religiosos) y la zona urbana de manzanas cuadradas divida en solares donde estaban las viviendas familiares y las quintas, y las chacras que proveían de los alimentos a la ciudad. Portugal también tuvo una amplia tradición municipal, que fue transmitida a la formación de la ciudad colonial brasileña que presenta patrones diferentes a las españolas; generalmente, se prefieren lugares altos con facilidades de defensa para las áreas residenciales e institucionales y la ciudad baja para el comercio y el puerto donde los elementos urbanos están modulados en palmos (1 palmo = 0,22 m), que más que modelos formales buscaba establecer directrices (Duran, 2009).

Dependiendo de la organización jurídica del Estado, los códigos y reglamentos de construcción son del orden nacional, provincial (estadual) o municipal de aplicación obligatoria o voluntaria según la naturaleza de los contratos o los pliegos (bases) de la licitación de la construcción. Por ejemplo, en Colombia el decreto 1400 (7/06/1984) puso en vigencia el primer código colombiano de construcción sismo resistente después del desastre de Popayán (1987) (Editorial, 2014); en el caso de Chile (Campos, 2014) la aplicación de la norma sísmica depende de los contratos público-privados, mientras que la construcción está regulada por la Ley General de Urbanismo y Construcciones (1975). Por otro lado, los códigos de Edificación son generalmente municipales, como el de la ciudad de Buenos Aires (CABA,2018) o el de Bogotá (Concejo de Bogotá, 1995. Este último está derogado en un 35%, aproximadamente, por normas posteriores, y con un 92 % de sus artículos con vigencia técnica (Escallón Gatner & Villate Matiz, 2013), indicando la necesidad de mantener actualizado y unificado el código para su lectura y aplicación.

5.2 Los códigos de edificación o construcción

Actualmente, los códigos de construcción son expresiones de principios sociales y técnicos que difieren según la organización política del país, como también según la base legislativa civil y penal de cada país. Los códigos de construcciones internacionales y nacionales para el diseño de las estructuras y edificaciones, establecen el ámbito de aplicación, las responsabilidades y obligaciones del propietario, constructor, diseñador y autoridad de regulación; las zonificaciones y técnicas constructivas aceptadas, las cargas y sobrecargas, el tiempo de vida en servicio de las estructuras. En las últimas décadas, los reglamentos y códigos también incluyen regulaciones para el cuidado del medioambiente, la construcción sostenible y resilientes a eventos naturales. El código, por tratarse de una regla de ordenamiento de las estructuras, para que logre un amplio cumplimiento deben reflejar las aspiraciones y las posibilidades materiales de la sociedad en la que se implementa.



La formulación, implementación y aceptación de código y reglamentos de construcción apropiados tiene un papel crucial en la reducción del riesgo de desastres, la construcción de resiliencia y el desarrollo sostenible de las ciudades (Banco Mundial,2015).

Los códigos están diseñados para contribuir a la salud (provisión de agua segura y recolección de agua cloacales, protección de temperatura y humedad), prolongar la vida útil de las estructuras (durabilidad), resguardar los bienes y salvar vidas (colapso estructural), y reducir la destrucción tanto en desastres naturales (terremotos, inundaciones y vientos extremos), como de riesgos crónicos (incendios), y recientemente, reducir el consumo de energía y emisiones de los edificios (certificación de envolvente, aire interior, etc.).

Las buenas prácticas de construcciones establecidas en los códigos reducen los riesgos subyacentes. En los países desarrollados, estos sistemas de regulación se han incrementado y mejorado con el tiempo mostrando cierto éxito en la reducción del impacto durante los desastres. Desde el año 2000 al 2018, los países de mayores ingresos experimentaron más de la mitad (55.6 %) de los desastres a nivel mundial, pero sólo representan el 17,9 % de pérdidas de vidas por desastre (Natcatservice, 2020). En los últimos 20 años, más del 80 % del total de muertes en desastres provino de los países de bajos y medianos ingresos. Como se indicó en el **apartado 2.2** ALyC no es ajena a estos problemas.

El aumento de la escala, frecuencia y severidad de los desastres naturales, sin adaptación de normas que contemple los nuevos edificios y los edificios existentes, causará mayores pérdidas en el entorno construido. Los esfuerzos realizados para implementar los sistemas de alerta temprana, la preparación y respuesta a los desastres han tenido un éxito menor en mitigar el riesgo subyacente en las ciudades de los países de bajos y medianos ingresos. Según un estudio del Banco Mundial (2015), las reglamentaciones de la construcción son parte fundamental de esta situación debido a:



- **Ineficaz regulación del uso de la tierra:** La población más pobre se asienta en áreas peligrosas (laderas inestables, planicies de inundaciones, costas bajas, etc.), con tenencia legal precaria, y sin servicios básicos, aumentando la vulnerabilidad y el impacto de los desastres urbanos.
- **Base legislativa:** Las autoridades de nivel municipal son las que deben hacer cumplir los códigos de edificación, pero los mismos pueden ser obsoletos, incompletos, o no definir el papel público en la protección de la salud pública, la seguridad y el bienestar del entorno construido, o carecer de coherencia con la legislación civil, comercial y penal del país.
- **Cumplimiento inasequible para los pobres:** Los códigos de construcción son copiados de directivas extranjeras sin consulta con los propietarios de edificios, los profesionales y las comunidades locales, colocando exigencias excesivas o creando dependencia de materiales de construcción no locales o prácticas de construcción no tradicionales que impiden su cumplimiento.
- **Regímenes disfuncionales de los controles de la construcción:** Los trámites de permisos e inspecciones de construcción son demasiado costosos, complejos, burocráticos, e ineficientes, disuadiendo cumplir con los requisitos del código.
- **Corrupción y captura regulatoria:** La corrupción en la aplicación del código de construcción está siempre asociada a fallas en los edificios y al aumento de las pérdidas de vidas en los desastres. La captura regulatoria de los sistemas de aprobación establecidos en los códigos de construcción por intereses económicos, puede reducir los estándares de seguridad para beneficiar a ciertos sectores de la actividad regulada. En el otro extremo, la captura regulatoria también puede resultar en un aumento de los estándares de seguridad a niveles insostenibles o inasequibles, excluyendo así, a los propietarios y constructores locales de la actividad.

Para que los códigos y reglamentos de construcción sean efectivos se deben desarrollar en un proceso participativo, que incluya la experiencia local y la aceptación de la comunidad y los profesionales de la construcción. Los códigos establecen los requisitos físicos mínimos para el diseño, construcción, mantenimiento y renovación de edificios; las medidas de reducción y mitigación de riesgos que establecen dichos códigos son asequibles y consistentes con los niveles de ingresos y tecnologías locales, introduciendo mejoras graduales en la calidad y seguridad de los edificios y los profesionales de la construcción. Especifican claramente los peligros de las construcciones mediante mapas o zonificaciones de riesgo, establecen prácticas de construcción tradicionales que cumplan con los requisitos mínimos de seguridad, permitiendo soluciones alternativas para respaldar innovaciones o prácticas, previa demostración científica-tecnológica que convalide. Son accesibles, claros y comprensibles para los profesionales de la construcción, y se actualizan regularmente incluyendo la evolución de las habilidades, nuevas tecnologías y materiales de construcción, riesgos emergentes y niveles de ingresos.

Esta experiencia es interesante en varios códigos de construcciones sismo-resistentes, los cuales han evolucionado con el tiempo incorporando la compresión del fenómeno, la constitución del suelo, los nuevos materiales y la tipología de la construcción (Japón, Nueva Zelanda, Chile). Una novedad es que el mismo código incluye a las nuevas estructuras y también la adecuación y refuerzo de las construcciones existentes (López, 2014).

5.3 Incidencia del cambio del clima en las consideraciones de diseño estructural

La falta de adaptación al cambio climático representa uno de los riesgos más graves para el entorno construido, incluyendo las viviendas y la infraestructura de las ciudades. Las temperaturas más altas, el calor más extremo, la sequía más severa, los incendios silvestres y forestales, las tormentas con vientos y precipitaciones más intensos, el aumento del nivel del mar y una serie de otros impactos del cambio climático amenazan con dejar fuera de servicio a la infraestructura.

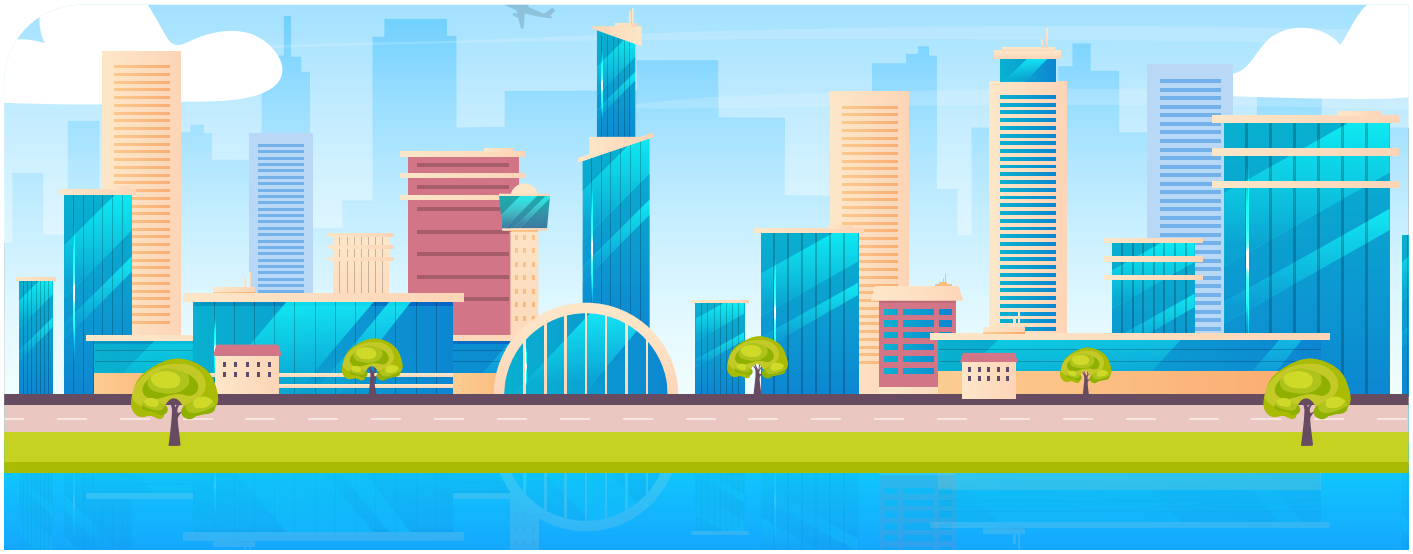
Además, el intenso nivel de interdependencia entre la infraestructura, crea una red delicada donde las interrupciones en un sector de infraestructura tienen efectos en cascada en todos los demás sectores que dependen de ella. Aunque la mayoría de las inversiones en infraestructura del mundo no se construyó para resistir los impactos extremos del cambio climático, numerosos ejemplos positivos de resiliencia de la infraestructura ilustran que tomar medidas para reducir los riesgos del cambio climático hoy puede ayudar a asegurar la resiliencia en el futuro.

En la **Tabla 5.2** se señalan las distintas estrategias y opciones de adaptación frente a los riesgos que causa el cambio climático sobre el régimen de lluvias, atendiendo el agua como un recurso para la provisión de servicios urbanos, de riego o la vida, o como una amenaza producto de la escasez, calidad o exceso del agua para el desarrollo de la ciudad. En el mismo se plantea que para una disminución de la cantidad y/o calidad del agua, las estrategias de adaptación son aumentar la oferta mediante obras de infraestructura o segmentar el destino por calidad y también regular la demanda con nuevas normas o cambios culturales de la sociedad o la producción. En el escenario del agua como amenaza, también se puede actuar en el plano de desarrollo de obras de infraestructura de protección para evitar la exposición de los habitantes o en adaptaciones de las normas y códigos para evitar los asentamientos informales o la modificación de la infraestructura para disminuir la vulnerabilidad. Para aquellos que gestionan ciudades, las decisiones de adaptación al cambio climático incluyen un menú de restricciones y adecuaciones normativas, y de inversión en nuevas obras y en la modificación edilicia y de la infraestructura.

Tabla 5.2. Medidas de adaptación del sistema urbano para lograr la seguridad hídrica (Vicuña et al. 2018)

Objetivo: seguridad hídrica	Riesgos climáticos primarios	Estrategia de adaptación	Menú de decisiones específicas para la adaptación
El agua como recurso:			
Acceso sostenible al agua dulce en cantidad y calidad aceptable para mantener los medios de vida, salud, bienestar y desarrollo económico.	Reducción de las precipitaciones, retirada de glaciares, erosión de la tierra o el aumento del nivel del mar conduce a una reducción en la disponibilidad y/o al empeoramiento de la calidad del agua dulce.	1) Asegurar la cantidad de agua adecuada para mantener los medios de vida y ecosistemas.	• Captación de agua subterránea / recarga de agua subterránea. • Mejora en la eficiencia de la distribución. • Reutilización de aguas residuales. • Infraestructura verde. • Incrementar la capacidad de almacenamiento en depósitos. • Obras de captación y separación en nuevas fuentes. • Transferencia de cuencas. • Desalinización.

Objetivo: seguridad hídrica	Riesgos climáticos primarios	Estrategia de adaptación	Menú de decisiones específicas para la adaptación
El agua como recurso:			
Acceso sostenible al agua dulce en cantidad y calidad aceptable para mantener los mediosde vida, salud, bienestar y desarrollo económico.	Los ecosistemas están amenazados por el estrés hídrico causados por los factores climáticos y la pobre administración del recurso.	2) Reconsiderar el término "adecuado" (tanto en cantidad como en calidad) e identificar las diferentes necesidades de usos del agua.	• Gestión de la demanda a través de tarifas (usuario tarifas) u otras opciones de manejo de la demanda. • Normas. • Cambios culturales. • Restricciones. • Incentivos.
El agua como peligro:			
Asegurar la protección de las fuentes de agua dulce de la contaminación y los desastres relacionados con el agua.	La reducción en los flujos de agua podría aumentar la concentración de contaminantes.	3) Asegurarse que haya suficiente cantidad y flujo de agua para diluir los contaminantes.	• Opciones similares a las Estrategia de Adaptación 1). • Restricciones y control del flujo.
		4) Reducir la vulnerabilidad a la contaminación en las comunidades marginales.	• Normas de calidad del agua. • Obras de tratamiento y saneamiento de aguas.
	Aumento de las precipitaciones, tormentas de mayor intensidad y frecuencia, aumentan el riesgo de inundaciones.	5) Reducir la exposición de las personas, vivienda e infraestructura a las inundaciones y a los desastres relacionados.	• Amortiguamiento ribereño. • Aumento de la percolación. • Protección contra inundaciones fluviales. • Infraestructura verde. • Líneas de retroceso costero. • Reglamentación del uso del suelo. • Reubicación de la población.
		6) Reducir la vulnerabilidad a inundaciones de las comunidades marginales.	• Planificación adaptativa. • Mejoras en la vivienda / modificación de los códigos de edificación.



Para que un sistema (edificación, provisión de agua, transporte, etc.) sea resiliente en su planificación, ejecución y operación debe incluir:

1. Flexibilidad y diversidad: La capacidad de realizar las tareas esenciales bajo una amplia gama de condiciones (por ejemplo, recursos hídricos múltiples distribuidos geográficamente, tanto superficiales, como bajo tierra).

2. Redundancia y modularidad: Un sistema redundante es aquel que tiene alternativas para seguir cumpliendo su fin, en una contingencia severa; y modular implica que el sistema es capaz de acomodarse a las presiones o demandas extremas o repentinas acoplando nuevos módulos.

3. Falla asegurada: La capacidad de absorber eventos repentinos, incluyendo aquellos que exceden los umbrales de diseño (por ejemplo, la descarga de un dique es abierta cuando se llena, en primera instancia afectando zonas inundables previstas con bajo impacto, para disminuir las afectaciones en las ciudades).

Este tipo de planteamientos necesariamente implican un cambio en el diseño actual de las obras de ingeniería. La infraestructura civil se ha diseñado para lograr un servicio operativo razonable con una cierta vida en servicio y niveles de seguridad que dependían de proyecciones estadísticas de los eventos con recurrencia de treinta, cincuenta o cien años. El cambio climático indica una alteración de las proyecciones históricas, o una mayor frecuencia de eventos extremos que son difíciles de predecir, que requieren cambios en la concepción del diseño. Para el caso de inundaciones, el ASCE (MOP 140, 2018) ha presentado una nueva filosofía para el diseño utilizando el diseño adaptativo y gestión de riesgos de infraestructura basados en modelos probabilísticos para el análisis cuantitativo de riesgos. El documento incluye una descripción de las cargas debido al cambio climático, la estimación de precipitaciones extremas, asociadas al diseño de inundaciones y con gestión de riesgos para el diseño adaptativo para lograr los objetivos de resiliencia de la infraestructura y minimizar los costos durante el ciclo de vida.

5.4 Códigos de construcción de viviendas resiliente, larga vida en servicio y sostenibles

Los códigos de construcción incluyen distintas estrategias para proteger los edificios, las estructuras y a los ocupantes durante los eventos extremos o devastadores como terremotos, huracanes, tornados e inundaciones. El nuevo enfoque para el desarrollo de los códigos de construcción tiene como objetivo mejorar la resiliencia de las construcciones ante los desastres (ICC, 2019), entendiendo por resiliencia a “la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas” (UNISDR, 2016).

En Estados Unidos de América, varios estudios (FEMA, 2014; NIBS 2018) han mostrado la efectividad de la aplicación de códigos actualizados de construcción en zonas de elevado riesgo de vientos huracanados reduciendo las pérdidas, tanto de vidas humanas como económicas, debido al aumento de la resistencia de los techos. Un caso de abordaje integral es el International Building Code (ICC, 2018) que establece “los requisitos mínimos para proporcionar un nivel razonable de seguridad, salud pública y bienestar general ventilación, conservación de energía y seguridad para la vida y la propiedad ante el fuego, explosión y otros peligros, y para proporcionar un nivel razonable de seguridad a los bomberos y personal de emergencia durante las operaciones de emergencia".

Los códigos para edificios deben tener en cuenta las amenazas concomitantes (huracán, sismo, inundación), su destino/uso (habitación, escuela, etc.) y ocupación, así como las características de los materiales (concreto, ladillos, madera, mixto) y de los sistemas de construcción que sean utilizados comúnmente en la región. También se requiere que tenga en cuenta el ciclo de vida de los materiales y las construcciones, y deben adaptarse a la incertidumbre del cambio climático, que produce riesgos más graves para el entorno construido.

5.4.1 Sismos

Los sismos han sido los desastres naturales de mayor consideración en los códigos de edificación durante el siglo XX. Los códigos de construcción para sismos evolucionaron en ALyC desde su implementación en la década del 1970 (Lafuente et al, 2014). Las normas están orientadas a lograr que las estructuras y edificios resistan sin daños los movimientos sísmicos de intensidad moderada, se limiten los daños en elementos no estructurales durante sismos de mediana intensidad, y finalmente se evite el colapso durante sismos de elevada intensidad.

En Chile, el país con mayor cantidad de terremotos de gran intensidad, la Figura 5.1 muestra una línea de vida donde relaciona los eventos y los códigos de construcciones sismorresistentes. En la década de 1930, luego del sismo de Talca se promulga la ley y Ordenanza General de Construcciones y Urbanización, que clasifica a las estructuras según los materiales usados, y establece los coeficientes sísmicos según la constitución geológica y el tipo de suelo (Ledezma, 2012). La norma Ch433 (2009) de diseño sísmico de edificios fue oficializada en 1972, bajo los criterios del código ACI 318 (2005), y la misma fue actualizada en 1996 y modificada en el 2009. Luego del terremoto del 2010, se incluyeron normas de emergencia aprobadas por decretos ejecutivos que rigen actualmente. Otras normas cubren los edificios industriales, los aisladores y las obras de infraestructura como los puentes y conductos enterrados (Ledezma,2012).



Figura 5.1. Línea de vida de eventos y códigos de construcciones sismoresistentes en Chile. (Ledezma, 2012)

En México, el terremoto de 1985 que afectó al Distrito Federal (DF) provocó la completa revisión y actualización de sus códigos nacionales de construcción, incluyendo el diseño del concreto reforzado y la distribución de cargas en las construcciones, entre otros aspectos. Desde entonces, se actualizan constantemente las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo en Ciudad de México, lo que obliga a que cada edificio presente proyectos, planos, memorias de cálculo y el aval de un director responsable de obra. Previo a este terremoto de magnitud, sólo algunos edificios (la Torre de la Reforma y Latinoamérica) de Ciudad de México estaban diseñados y pensados para soportar un sismo de magnitud 7 (López, 2014).

Comenzados los estudios en 1970, Colombia (Vargas Caicedo, 2014), aprobó la norma de requisitos de Construcción Sísmica (AIS-100-81) que incluyó el primer mapa de zonificación sísmica del país. El terremoto de Popayán en 1983, impulsó que el Congreso adopte por ley una norma que reguló la construcción de edificios resilientes a los sismos, que fue extensiva a todo el país y que rige actualmente con modificaciones.

En Argentina, el INPRES desde su fundación en 1964 ha desarrollado tres reglamentos: CONCAR (1970), NAA (1980) e INPRES-CIRSOC 103 (1983), cuya primera versión fue actualizada en 1991 y el mismo alcanzó a toda obra pública nacional, y recientemente fue actualizado.

En los países de América Central, excepto Costa Rica, los códigos de construcción antisísmica tienen una actualización dispar según el análisis comparativo publicado (López, 2014). El Salvador ha incorporado recientemente una normativa desarrollada en colaboración con Japón.

En general, las edificaciones con menor recaudos antisísmicos son las viviendas. En los terremotos de Haití en 2010 y de 2017 (Chiapas, México), la mayor cantidad de daños ocurrió en las viviendas y no de los edificios de altura. La mejora de los diseños, los materiales de buena calidad y las técnicas constructivas en las estructuras de menor envergadura deben aplicarse en forma urgente para aumentar la resiliencia de las ciudades en zonas sísmicas.

También es necesaria una adecuada fiscalización por parte de las autoridades para verificar la sismo-resistencia de las construcciones nuevas y de las existentes supervisando su correcta ejecución y mantenimiento.

Si bien Brasil es un país con bajo riesgo sísmico, la norma ABNT NBR 15421:2006 establece los requisitos necesarios para verificar la seguridad estructural a las acciones sísmicas, así como los criterios para cuantificar estas acciones y las resistencias a considerar en el diseño de estructuras de edificios.

La mayoría de los países ubicados en la Cordillera de los Andes tienen códigos para el diseño de estructuras y estimación de cargas y sobrecargas relacionadas al sismo. Las grandes regiones sísmicas se encuentran delimitadas en los códigos, pero aún se requieren esfuerzos para la microzonificación ya que la estructura del suelo local también contribuyen al riesgo sísmico. En su gran mayoría, los reglamentos están dirigidos a nuevas construcciones y carecen de apartados para la adaptación y refuerzo de las construcciones existentes (entre ellas las viviendas de autoconstrucción e informales) de acuerdo a las tecnologías disponibles en cada país (López, 2014).



5.4.2 Tornados y huracanes

Para el reglamento, la primera definición necesaria es la zonificación del país de acuerdo a la intensidad del viento y las ráfagas. Los tornados se caracterizan de acuerdo a la velocidad y los destrozos que producen, de la categoría EF1 a la EF5 y los huracanes de la categoría 1 a la 5 (FEMA, 2014).

Los tornados y huracanes se caracterizan por ráfagas de viento cuya velocidad aumenta y disminuye rápidamente. Los edificios son obstáculos que hacen que el viento cambie de dirección aumentando la presión sobre los elementos estructurales en forma fluctuante pudiendo causar la falla. Es frecuente que las conexiones entre los componentes del edificio fallen, causando que el techo, las paredes o las aberturas puedan ser empujadas o succionadas fuera de un edificio. Cuando las aberturas o el techo fallan, el viento ingresa al edificio provocando una presión interior sobre las paredes y el techo. A esta solicitación, se suma la depresión que provoca el viento en el exterior de un edificio, causando la falla estructural por sobrecarga. El daño también puede ser causado por escombros voladores que penetran las aberturas, paredes o el techo y dañan severamente a los edificios y afectan a los ocupantes.

La primera actividad de un código es establecer las zonas de viento y, para cada emplazamiento del edificio el tipo solicitación máxima de viento y lluvias que pueden causar el colapso estructural. En este caso también se debe establecer el riesgo a los vientos extremos como tornado o huracanes para el diseño de la habitación de seguridad, y por otro lado la protección de aberturas y a los objetos voladores que pueden dañarla.

Por lo general las estructuras más pesadas, como las paredes y techos de ladrillos de concreto, o concreto prefabricado o in situ, son menos afectadas porque aumentan la resistencia estructural al efecto del viento y también pueden impedir el paso de objetos transportados por el viento. Las disposiciones constructivas relacionadas a las paredes y techos exteriores (clavado de tejas, chapas, etc.) permiten incrementar y mantener su integridad, al igual que las disposiciones para el anclaje de las aberturas. Sin embargo, ante la imposibilidad de prever las solicitaciones de estos eventos, los códigos prevén la construcción de un refugio o sala segura contra tormentas **(Figura 5.2).**

Según la FEMA P-320 (2014), el edificio sujeto a eventos extremos debe contar con una habitación segura donde los ocupantes puedan sobrevivir sin lesión. En las áreas con riesgo de tornados se debe contar con una habitación segura ubicada en una zona de rápido acceso; por otro lado, en las áreas con riesgo de huracanes, la habitación segura además de ser de rápido acceso debe ser a prueba de inundaciones. Para proporcionar una protección casi absoluta, esta habitación segura debe tener un buen anclaje a la fundación siendo capaz de resistir el vuelco y la elevación, además las paredes y el techo deben ser lo suficientemente fuertes para resistir fallas y la penetración de objetos transportados por el viento.

Esta construcción generalmente puede realizare con una losa de concreto como piso, vinculando paredes de mampuestos de concreto reforzado, concreto prefabricado o in situ, que son suficientes para mantener las condiciones de seguridad según las instrucción FEMA 361 (2015) o la más reciente norma ICC-500 (2014) que establece los requerimientos mínimos para el diseño construcción e instalación de los refugios de tormentas para los centros de operaciones críticos de una ciudad, tales como los centro de llamadas de emergencia, rescate, ambulancia, bomberos y policía.

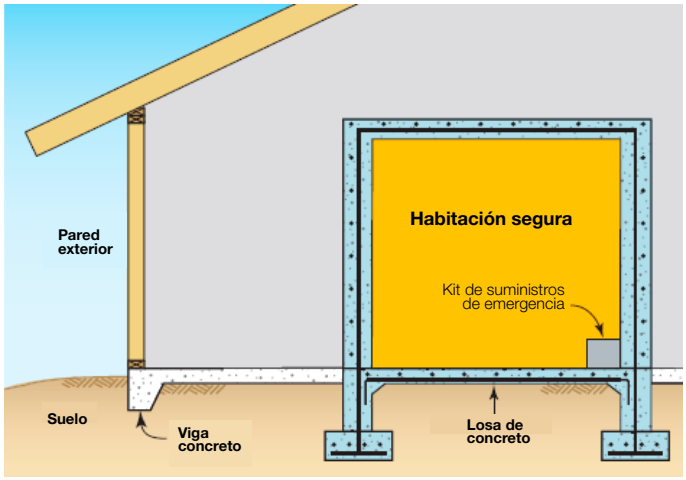




Figura 5.2. Esquema de la habitación segura de una vivienda de madera hecha en mampostería o concreto armado según FEMA.

La estrategia de un código para dar resiliencia a las estructuras frente tornados y huracanes y proteger a sus ocupantes debe incluir: El mapa de zonificación de vientos e inundaciones, la definición de las cargas de viento y lluvia, las técnicas constructivas, los tipos de materiales de cerramientos exteriores (paredes y techos), las aberturas resistentes a los escombros voladores, la minimización de desprendimientos (tejas, mampostería, metales) y la elevación de la estructura para evitar las inundaciones y/o marejadas, además de proporcionar el refugios para las personas durante la tormenta.

5.4.3 Inundaciones

La forma en que fluye y drena el agua cambia en función de la ocupación del terreno de las áreas pobladas (la densidad y tipo de construcción, la impermeabilización) o por cuestiones naturales como los patrones de precipitaciones o la topografía del terreno. Entre las obras de infraestructura para disminuir el riesgo de inundación se incluyen los canales aliviadores, diques y presas, pero también hay un sin número de obras de menor magnitud que previenen el riesgo de inundaciones en ciudades que pueden ser modeladas por la infraestructura urbana y los códigos de construcción. En la infraestructura urbana se puede identificar además a las obras de desagües, entubamientos de arroyos o cursos de aguas.

El diseño y construcción de nuevos edificios, o la adaptación de aquellos existentes en áreas urbanas propensas a inundaciones ya sea por lluvias intensas o su ubicación en zonas anegable, requieren de nuevos enfoques y técnicas especiales para asegurar que los residentes y las empresas experimentarán interrupciones y daños mínimos durante y después de una tormenta.

El Código de diseño y construcción resiliente a las inundaciones elaborado por la Asociación Americana de Ingenieros Civiles (ASCE, 2005), el cual está incluido en el International Building Code (IBC, 2018), establece los requisitos mínimos necesarios para un comportamiento resiliente de los edificios (residencial, comercial, industrial, educativos, sanatorios y hospitales) o infraestructura (instalaciones críticas y otros tipos de ocupaciones) en áreas urbanas y costeras que están sujetas a este riesgo.

En este código, el riesgo de inundación se establece según distintas categorías de acuerdo a ubicación geográfica y el destino de la construcción. Con esta categoría se determina la elevación mínima del piso más bajo teniendo en cuenta que su nivel debe ser igual o superior al nivel de inundación; asimismo se establece la combinación de cargas que producen la inundación (presión hidrostática e hidrodinámica, efectos de las olas, etc.). Uno de los ejes principales es establecer las estructuras de fundación teniendo en cuenta las características del suelo y los estratos cercanos, para considerar los problemas de desplazamiento del suelo, erosión y socavación, licuefacción y subsidencia; hasta aquí un diseño clásico de Ingeniería Civil. Para que los edificios sean resilientes a la inundación es necesario que el suelo y el relleno de la fundación sea estable cuando ocurre un rápido ascenso y descenso del agua, cuando el agua permanece en forma prolongada, o el agua fluyendo produce la erosión y socavación. En el diseño se especifican las aberturas mínimas de inundación y su ubicación en las paredes de los ambientes inferiores de los edificios de manera tal que garanticen la entrada y salida del agua de inundación (FEMA, 2020), sin que se exceda una diferencia de 30 cm entre el nivel de agua exterior e interior, para evitar presiones que causen su colapso. En el código también prevé directivas para el diseño y construcción sobre el terreno, terrazas, rampas, escaleras para resistir las cargas de inundación, y para minimizar la transferencia de cargas extraordinarias a la fundación o su separación sin causar daños a la estructura principal. Otras condiciones del diseño están relacionadas con el equipamiento eléctrico, de calefacción y bombeo de agua que debe encontrarse elevada para evitar su daño.

Para estructuras resilientes en zonas costeras de alto riesgo, donde las olas y el flujo agua del mar pueden ejercer fuerzas hidrodinámicas excepcionales sobre los elementos de construcción, el código establece que los edificios deben estar fundados sobre cimentaciones profundas (pilotes, pozos perforados, cajones, etc.). Estas fundaciones deben estar diseñadas para permitir que las olas y el flujo de agua se mueva debajo de los edificios teniendo en cuenta la erosión local. En estas zonas costeras, los muros de control de erosión (mamparas, muros de contención, revestimientos) y las piscinas deben ser independientes de los edificios, y diseñarse de modo tal que se separen sin producir escombros capaces de dañar estructuras vecinas y/o obstruir el paso del agua.

Otro punto importante de la resiliencia es que todas las partes de un edificio o infraestructura susceptibles de ser afectadas por inundaciones deben están elaborados con materiales resistentes al agua. Los materiales resistentes incluyen cualquier producto de construcción (ladrillos cerámicos, de concreto, pisos de PVC) capaz de resistir el contacto directo y prolongado (mayor a 72 horas) con el agua de inundación sin sufrir daños significativos, entendido como tal aquellos que no requiere más que una limpieza o pintura. El reemplazo de un panel de yeso dañado por la inundación se considera un "daño significativo" y no es aceptable. Por otro lado, los componentes que no están inundados deben ser resistentes a la humedad excesiva y también de secado rápido. Los materiales resistentes a daños por inundación que incluyen en la **Tabla 5.3.**

Tabla 5.3. Resumen de materiales resistentes a daños por inundación según FEMA (FEMA, 2020 TB).

	Materiales a utilizar	Materiales a evitar
Pisos estructurales	• Concreto • Acero • Madera contrachapada tratada con conservante de grado marino • Madera tratada o naturalmente resistente a la descomposición	• Madera laminada • Tableros de fibra orientada • Cabeceras y vigas exteriores de madera • Viguetas en I de madera
Materiales estructurales de paredes y techos	• Concreto • Ladrillo cerámico o cemento • Tablero de cemento o fibrocemento Madera tratada a presión • Tablas de madera sólida estructural tratada. • Aislamiento de celda cerrada	• Lana de fibra de vidrio • Placa de yeso con cara de papel • Tableros de fibra orientada • Tableros verdes
Acabado de pisos	• Mosaicos de Cemento • Losetas Cerámica • Baldosas de terrazo o terrazo • Baldosas de vinilo	• Tablas de madera ingenieril o laminada • Alfombras • Madera o corcho
Acabado de paredes y techo	• Vidrio • Pintura látex o epoxi • Armarios o puertas de metal • Tablero y molduras de PVC • Gabinetes de acero inoxidable o galvanizado	• Armarios y puertas de madera o de aglomerado • Acabado estándar en madera Pintura sin látex • Empapelado • Yeso • Corcho

La norma BS 85500:2015 es una guía para mejorar la resiliencia de las edificaciones frente a las inundaciones; esta norma recomienda que los pisos y las paredes sean de concreto para cumplir con este propósito. En la planta baja, se recomienda una losa de concreto de 15 cm de espesor construida in situ sobre una barrera antihumedad y también con un aislamiento en celda cerrada cuando sea necesario, de acuerdo a las características del terreno. Las paredes externas se recomiendan que sean sólidas, con aislamiento externo y renderizado, sin cavidades ni huecos mediante mampostería o concreto prefabricado o vertido in situ usando encofrado estándar o un encofrado de concreto aislante (ICF, por sus siglas en inglés, Insulating Concrete Form) para requerimientos térmicos. En esta norma, las paredes construidas con entramado de madera no se recomiendan debido a la dificultad para la salida de agua, la distorsión del marco de madera posterior al secado y el posible crecimiento de hongos.

5.4.4 Infraestructura verde

Para mitigar las inundaciones debido a la impermeabilización del terreno, la EPA (EPA, 2017) propone aplicar diversas medidas de mitigación de bajo impacto (LID) en los códigos, simplemente seleccionando qué porcentaje del área impermeable es tratada por distintos tipos de medidas. La recomendación incluye diferentes medidas para reducir la escorrentía de agua hacia los desagües pluviales y las aceras, reduciendo el anegamiento o inundaciones en las ciudades producido por tormentas intensas.

La desconexión de los desagües de la azotea y techos para descargarse en tanques o cisternas o en áreas de jardines de lluvia permitiendo que el agua se almacene o infiltre en el suelo reduciendo la carga de los sistemas de desagües municipales. La recolección de agua de lluvia en tanques o cisternas pueden liberar o reutilizar el agua de lluvia durante los períodos secos o para uso doméstico o industrial.

Para áreas urbanas densas y grandes superficies industriales o comerciales cubiertas, la EPA aconseja el uso de los techos verdes reteniendo parte del agua, mientras que el exceso de lluvia percolada del techo es conducido a los desagües pluviales. Los jardines de lluvia son áreas deprimidas con plantaciones que recolectan agua de lluvia y puede infiltrarse en el suelo. Los jardines de lluvia con sistemas de drenaje y suelos enmendados a menudo se denominan células de bioretención. En las aceras, la escorrentía se puede disminuir mediante pavimentos porosos, sistemas de adoquines o bloques y jardines de lluvia urbano construidos con paredes verticales y fondos abiertos o cerrados que recogen y absorben la escorrentía de las aceras, estacionamientos y calles para almacenar y retener el agua de lluvia.

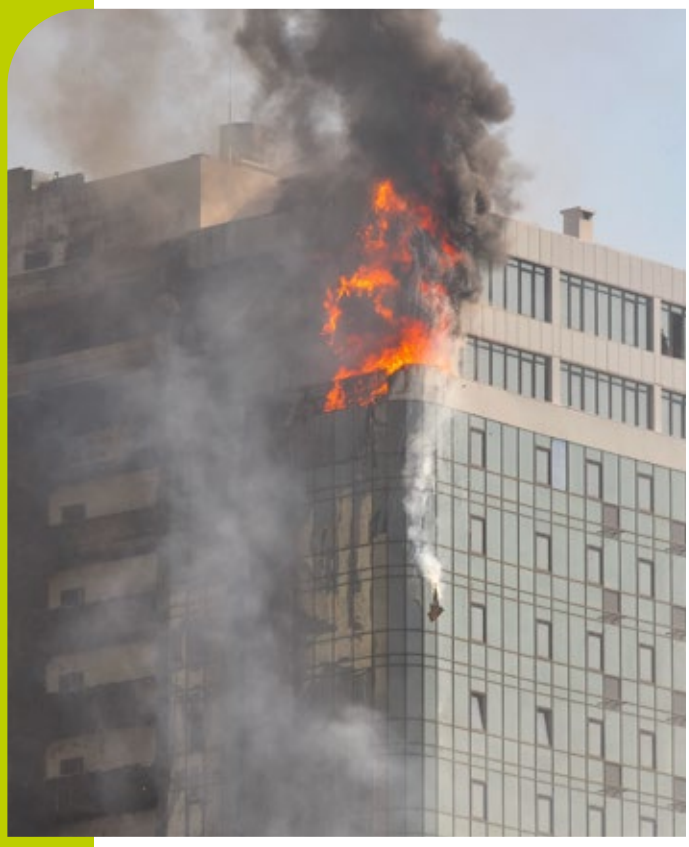
5.4.5 Infraestructura para protección de ciudades costeras

Para la adaptación al aumento del nivel del mar, los códigos de edificación de algunas ciudades (Boston, 2019; NY; 2019) plantean en primer lugar conocer el área inundable para los distintos escenarios de cambio climático. De esta forma, se regula el uso de la tierra costera, para restringir las construcciones de edificios e infraestructuras que puedan ser afectadas por las inundaciones o la erosión causada por el oleaje, preservando el ambiente costero e interconectado con vías rápidas y amplias que sirvan para la evacuación. La infraestructura costera también puede ser amenazada por otros eventos como huracanes y terremotos, lo cual debe ser tenido en cuenta.

En los códigos, la estrategia planteada como más efectiva para aumentar la resiliencia de las zonas costeras no construidas, es diseñar espacios libres de parques o lugares de esparcimiento, con sendas o caminos, que no contengan barreras estructurales para la inundación y, de ser posible que cuenten con una vegetación, resistente al exceso de agua salada, que sea apropiada para disminuir la energía de las olas y con raíces que permitan dar una mayor resistencia a los suelos frente a la erosión. Para las obras de aceras, caminos y plazas, los materiales de construcción a utilizar deben ser resistentes al agua, y con un buen diseño para evitar la corrosión de armaduras. Primero se debe determinar el nivel de la marea media que va a causar la inundación, para determinar las zonas de riesgo por aumento del nivel del mar, asimismo se debe determinar la línea de costa que requiere protección frente al oleaje. En las zonas de riesgo de inundación, las edificaciones nuevas deben prever que el nivel de piso y los servicios esenciales (agua caliente, calefacción, electricidad) se ubiquen sobre el nivel de inundación mediante el uso de un terraplén o pilotes. Los edificios existentes deben ser modificados para que el nivel de piso y ubicación de los servicios estén por encima del nivel de inundación, dichas modificaciones deben ser realizadas con materiales resistentes al agua y a la corrosión salina. También, pueden colocarse barreras verticales temporarias que se activan sólo cuando crece el nivel del mar.

Para la zona de oleaje, las costas deben protegerse con barreras tipo paredes o apilamiento de elementos pesados y de baja erosión, tales como bloques de roca o concreto, tetrápodos de concreto, o también mediante muros de contención con o sin rompeolas. También es necesario reforzar y aumentar la altura de las protecciones existentes.

5.4.6 Protección activa y pasiva al fuego



Las normas de seguridad contra incendios en edificios (IFC, 2018) han tenido mucha importancia en la reducción del número de siniestros, así como en el número de muertes. El diseño de un edificio para proteger la vida de los ocupantes requiere que el incendio se sofoque rápidamente o se limite al área del piso o altura en el cual se produce, garantizando que las personas puedan escapar del edificio, los bomberos están protegidos sin derrumbes y el fuego no puede extenderse a otras propiedades o áreas linderas.

Los incendios son causados por una fuente de calor (natural o artificial) que provoca que los materiales combustibles ardan cuando hay oxigeno suficiente. El incendio se propaga por radiación, convección o conducción, con llamas que alcanzan temperaturas entre 600 y 1000 °C, mientras que las afecciones a los ocupantes son causa de los efectos del humo y los gases que se emiten por la quema de materiales, la alta temperaturas del aire y la exposición a las llamas.

Las estructuras de concreto soportan muy bien los incendios, en parte por las propiedades inherentes del concreto (**Tabla 5.4**) que asociadas con un diseño apropiado de los elementos estructurales permite garantizar la estabilidad. El concreto y la mampostería se clasifican como materiales no combustibles (A1 de acuerdo a EN 13501-1) y no emite humo tóxico, no gotean partículas fundidas y tiene una conductividad térmica relativamente baja. Las paredes y losas de concreto son un escudo de fuego efectivo para los espacios adyacentes y también para protegerse del daño del fuego. Cuando la temperatura es baja o la duración del incendio no es prolongada (< 300 °C en el concreto), los elementos estructurales conservan su capacidad de carga. En cambio, cuando el concreto se expone a altas temperaturas en un incendio, éste sufre varios cambios fisicoquímicos y el desprendimiento del recubrimiento superficial debido a la expansión del acero de refuerzo o también el shock térmico durante el enfriado con agua. En edificios con carga de fuego normal puede que no ocurra este fenómeno.

Los códigos actuales en ALyC (p.e. en Colombia las secciones J y K de código de Construcción Sismo Resistente NSR10) incluyen los requisitos de protección activa y pasivas contra incendios de edificios. Sin embargo, no presentan especificaciones para proteger las edificaciones frente a los incendios silvestres, que podrían ocurrir en algunas zonas por las sequias y la elevación de la temperatura media, las cuales deben considerar factores climáticos y topográficos, condiciones ambientales circundantes, además del tipo de construcción y sus materiales en techos, paredes exteriores, aberturas, deck, entre otros. (Intini et al, 2019).

Tabla 5.4. Propiedades del concreto y la mampostería frente el fuego (Concrete Center, 2019).

- No se queman ni agregan carga de fuego.
- Tienen una alta resistencia al fuego y pueden evitar su propagación.
- Son un escudo de fuego efectivo, que proporcionan un medio de escape seguro para los ocupantes y protección para bomberos.
- No producen humo ni gases tóxicos. En un incendio, ayuda a reducir el riesgo para los ocupantes.
- No gotean partículas fundidas, que pueden extender el fuego.
- Restringen el fuego, reduciendo el riesgo de contaminación ambiental.
- Protegen contra incendios sin necesidad de medidas adicionales.
- Su robustez facilita la lucha contra incendios y reduce el riesgo de colapso estructural.
- Se pueden reparar rápidamente después de un incendio.
- Son resistentes al daño del agua utilizada para la lucha contra el incendio.
- Pueden resistir condiciones extremas de incendio, siendo ideales para locales de almacenamiento con alta carga de fuego.



5.5 Sostenibilidad y reducción del consumo energético para el confort térmico

En general, el concepto de sostenibilidad de las construcciones está siendo impulsado en distintos códigos como el IBC. Uno de los recursos para el desarrollo sostenible de las ciudades es la implementación de edificios energéticamente eficientes. Los códigos para este propósito incluyen diferentes estrategias para disminuir el consumo energético durante la operación de las viviendas debido a la iluminación, ventilación, agua caliente, y al confort térmico de los espacios (refrigeración y calefacción). Un estudio completo sobre la adopción de este tipo de códigos publicado por el Banco Mundial (Liu et al., 2010) muestra que en primer lugar es necesario un proceso de transformación en el sector de la construcción (profesionalidad, calidad, certificación), y también para que sea efectivo su implantación es necesario un balance razonable entre la reducción de costos por ahorro de energía y la amortización de la inversión. En los países en desarrollo se requiere adoptar metas asequibles y realistas en el tiempo, que garanticen un círculo virtuoso entre la oferta de tecnología y los materiales de construcción de manera que sean incrementales en el tiempo durante varios años.

Existen diferentes instrumentos en países desarrollados para evaluar, certificar y etiquetar la sostenibilidad de los edificios. Se puede decir que hay dos grupos de instrumentos para este fin, los códigos de construcción o normativas que definen criterios de sostenibilidad y desempeños obligatorios; y las certificaciones voluntarias o etiquetajes que tienen sus propios criterios de evaluación y calificación. La mayoría de las certificaciones se basan en el diseño y en proyecciones de consumo de energía del proyecto, así como en el uso de ciertos materiales mediante un rating o puntaje. Por ejemplo, el sistema de clasificación LEED (Leadership in Energy & Environmental Design), el más promocionado en ALyC no tuvo en cuenta hasta su formulación en 2009 la eficiencia energética durante la vida útil en uso del edificio.

De acuerdo a las estadísticas del US Green Building Council, desde 2006 hay un aumento de las construcciones en ALyC que cuentan con una certificación bajo el sistema LEED **(Figura 5.3).** La mayoría de los proyectos certificados son edificios corporativos, comerciales, hoteles y algunos residenciales, donde la calificación obtenida no siempre está basada en cuestiones energéticas. Por ejemplo, en los materiales cementíceos hay una buena calificación por el uso de ceniza volante, pero en la matriz energética de ALyC solo el 4 % de la energía proviene del carbón (CAF, 2013).

El impacto de las certificaciones en ALyC para el fomento de la sostenibilidad en el sector de la construcción es bajo. La penetración de la certificación no alcanza una mínima proporción del entorno constructivo de las grandes ciudades. Aunque, colaboren para incentivar el mercado de las construcciones sostenibles, la variación de los criterios entre las certificaciones, el coste y otros factores específicos de puntuación, dificultan un abordaje homogéneo de calificación mínima de desempeño y sostenibilidad para los edificios. Por otro lado, la inserción de criterios de sostenibilidad en códigos de edificación y normas, desarrollados según condicionantes locales, presentan un impacto más significativo, con menores distorsiones para la construcción de ciudades sostenibles y resilientes.

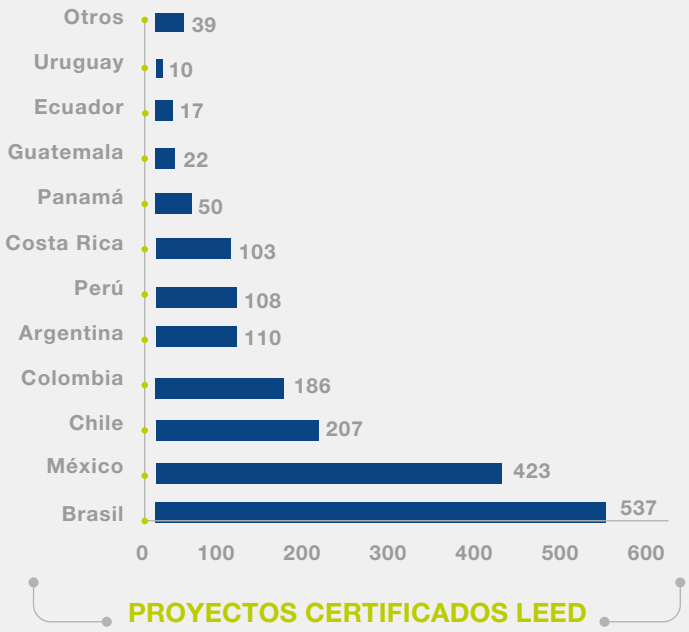


Figura 5.3. Proyectos certificados mediante LEED en los países de ALyC (2006-2019)

Un edificio sostenible actualmente debe, entre otras cosas, consumir poca energía o autogenerarla, pero requiere de técnicas de construcción y materiales apropiados y asequibles, así como de una operación y mantenimiento adecuado durante todo su ciclo de vida. Estas decisiones afectan a diferentes actores multidisciplinarios (arquitectos, ingenieros, oficios de la construcción y operadores). Durante las etapas de proyecto y ejecución, los arquitectos, ingenieros y constructores deben cooperar para que los detalles constructivos sean bien materializados, ya que serán vitales para reducir los puentes térmicos y la estanqueidad o ventilación del espacio construido que garantiza el confort térmico con baja energía. La calidad de los elementos constructivos y la buena ejecución facilitan la materialización de lo que fue proyectado. Los propietarios y usuarios del edificio también son actores relevantes durante el uso y mantenimiento de la construcción para garantizar estas propiedades pasivas y el control de las temperaturas adecuadas. Los manuales del usuario son imprescindibles para que el edificio logre su mejor desempeño a lo largo de su ciclo de vida.

Un punto central en las normativas sostenibles es el confort térmico de las viviendas y edificios con el fin de reducir el consumo de energía para la refrigeración y calefacción. En este término, la normativa generalmente tiene en primer lugar una definición de las áreas bioclimáticas en cada país. Los primeros pasos que se han tomado están relacionados con los requisitos técnicos para mejorar el rendimiento energético, alcanzar el confort térmico (calefacción y refrigeración) de los nuevos diseños de edificios, lograr su materialización durante la construcción y el control por el estado. El mayor potencial de ahorro de energía en los edificios residenciales comerciales y del servicio público durante su vida en servicio es lograr el confort térmico con bajo consumo de energía.

La región de ALyC presenta diferentes regiones bioclimáticas que generalmente se encuentran delimitadas en la normativa nacional. La zonificación climática (Reus Netto, 2017) de ALyC realizada a partir del indicador de grados-día de calefacción y refrigeración requeridos en 455 ciudades se presenta en la **Figura 5.4,** la cual refleja las 16 zonas climáticas sectorizadas cada 500 °C-día. Es importante destacar que la mayoría de los códigos y normas internacionales han sido desarrolladas para climas fríos, pero ALyC cuenta con vastas extensiones de clima, que van de templados a calurosos, pudiendo resultar perjudicial importar normativas o estándares de países desarrollados sin una adaptación a las condiciones climáticas, materiales y técnicas constructivas locales.



Grados día	Refrigeración 0 - 500	501 - 1000	1001 - 1500	< 1501
Calefacción < 1501	1	2	3	4
1001 - 1500	5	6	7	8
501 - 1000	9	10	11	12
0 - 500	13	14	15	16

Figura 5.4. Zonificación climática de ALyC usando como indicador de grados-día para calefacción y refrigeración requeridos en 455 ciudades (Reus Netto, 2017)

Durante las dos primeras décadas de este siglo, las normas de confort térmico se han introducido en varios países de ALyC y han sido revisadas por Ruas Netto (2017 y 2019) en países como: Chile, Costa Rica, Brasil, Colombia, México y Argentina (IRAM, 2010). En México, la Agencia Nacional de Vivienda (CONAVI, 2017) desarrolló un modelo de regulación nacional para la construcción residencial, que contiene los requisitos de sostenibilidad, incluyendo la eficiencia energética, para que sea adoptado por los distintos reglamentos de edificación o por adhesión de los distintos niveles gubernamentales. Además, ha editado una guía con las distintas zonas bioclimáticas del país y soluciones para el uso eficiente de la energía (CONAFAVI, 2006).



5.6 Consideraciones finales

El cambio climático requiere que el sector de la construcción adecue sus diseños, materiales y tecnológicas para afrontar una mayor resiliencia de la edificaciones e infraestructura a las amenazas a las cuales se encuentran expuestas las ciudades. Este cambio, si bien tiene componentes técnicos, requiere de decisiones a nivel gubernamental, de los profesionales y técnicos como de las empresas del sector. La normativa de la edificación ha evolucionado desde el simple cálculo resistente hacia formas más complejas que incluyen el cálculo de la durabilidad, el consumo energético, el mantenimiento y la reutilización o deposición final de la misma.

El nuevo desafío es que la obras deben seguir operativas (en forma inmediata o con un corto plazo de recuperación) luego de los desastres naturales para mantener el tejido socioeconómico de una comunidad. Para lograr estos desafíos se requiere de la coordinación y colaboración de varios sectores: el gobierno nacional y local, la educación, los profesionales, las empresas, los obreros, y la comunidad.

A medida que se reconocen las amenazas y riesgos que enfrentan las ciudades, los códigos de edificación deben ser revisados y actualizados para logar una mejor adaptación a los eventos extremos y poder mitigar sus daños.

La adopción y la aplicación de códigos de construcción actualizados es una herramienta fundamental para la implementación de políticas y prácticas que mejoren la resiliencia del conjunto de las edificaciones. Una comunidad no puede ser resiliente sin códigos de construcción adecuados, el código proporciona los requisitos esenciales para abordar los riesgos.

5.7 Referencias

- ACI-318 (2005). Building code requirements for structural concrete and commentary (318-05). Detroit, Michigan, USA
- ABNT NBR 15421:2006 – Projetos de estruturas resistentes a sismos, impõe requisitos para estruturas sismo-resistentes, Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ASCE (2013). Minimum design loads for buildings and other structures. Structural Engineering Institute SEI of the American Society of Civil Engineers ASCE, Reston, VA, USA
- ASCE (2018) MOP-140 Climate-Resilient Infrastructure: Adaptive Design and Risk Management, Edited by Bilal M. Ayyub, ASCE Committee on Adaptation to a Changing Climate; 2018.
- ASCE 24. (2005) Flood Resistant Design and Construction, American Society of Civil Engineers. FEMA's "Highlights of ASCE 24-05. http://www.fema.gov/library/viewRecord.do?id=3515.
- Banco Mundial (2015). Building Regulation for Resilience: Managing Risks for Safer Cities. The World Bank
- CAF (2013) Informe energético sectorial Energía: Una visión sobre los retos y oportunidades en América Latina y el Caribe ISBN: 978-980-6810-90-7.
- Campos, J. P.. (2014) Normativa chilena: instrumentos, actores, hitos y desafíos; Revista de Ingeniería, 41, 78 – 84 DOI: 10.16924/riua.v0i41.777
- Concejo de Bogotá. (1995). Acuerdo 20 de 1995, por el cual se adopta el Código de Construcción del Distrito Capital de Bogotá, se fijan sus políticas generales y su alcance, se establecen los mecanismos para su aplicación, se fijan plazos para su reglamentación prioritaria y se señalan mecanismos para su actualización y vigilancia. Bogotá, Colombia.
- Concrete Center (2019) Concrete and Fire Safety: Guidance on the use of concrete and masonry for fire resistant and efficient structures, The Concrete Center, London, UK. (www.concreteceneter.com)
- Ciudad Autónoma de Buenos Aires (2018); LEY N 6100 (Anexo: Código de Edificación, Boletín Oficial N° 5526 del 27/12/2018
- Escallón Gartner, C.; Villate Matiz, C. (2013); Código de Construcción para Bogotá: evaluación y propuesta de actualización en el marco de sostenibilidad; Cuadernos dDe Vivienda y Urbanismo. ISSN 2027-2103. Vol. 6, No. 12, julio-diciembre 2013: 248-259. SICI: 2027-2103(201307)6:122.0.CO;2-8
- CONAFOVI (2006<9 Comisión Nacional de Fomento a la vivienda, Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda Primera edición, 2006 ISBN: 968-7729-34-1 D.R.©
- Durán Rocca, Luisa (2009) Apuntes sobre el urbanismo en Brasil colonial, Dearq, n.o 4 (2009):141-154. Doi:10.18389/dearq4.2009.18
- Editorial (2014) La historia no contada del primer código de construcción en Colombia – 30 años. Revista de Ingeniería, 40, p. 82-83 doi:10.16924/riua.v0i40.664.
- EPA, US-E.P.A. (2017). Green Infrastructure in Parks Guide: A Guide to Collaboration, Funding, and Community Engagement (Reports and Assessments EPA 841-R-16-112). EPA. https://www.epa.gov/nps/green-infrastructure-parks-guide
- Espílez Murciano, F. (2009); Regulación de la vivienda en el Código de Hammurabi; Ciudad y Territorio - Estudios Territoriales, 160: 411-418.

- FEMA (2014) Federal Emergency Management Agency. Phase 3 National Methodology and Phase 2 Regional Study Losses Avoided as a Result of Adopting and Enforcing Hazard-Resistant Building Codes. 2014.
- FEMA Hurricane Sandy Recovery Advisories (2013). http://www.fema.gov/building-science/hurricane-sandy-building-science-activities-resources.
- FEMA P-320, (2014) Taking Shelter from the Storm: Building a Safe Room for Your Home or Small Business. Fourth Edition,
- FEMA P-361, (2015) Safe Rooms for Tornadoes and Hurricanes: Guidance for Community and Residential Safe Rooms
- FEMA P-312. Homeowner's Guide to Retrofitting (2014). https://www.fema.gov/media-library/assets/documents/480.
- FEMA P-467-2. Floodplain Management Bulletin: Historic Structures (2008). https://www.fema.gov/media-library/assets/documents/13411.
- FEMA P-758. (2010) Substantial Improvement / Substantial Damage Desk Reference. http://www.fema.gov/library/ viewRecord.do?id=4160.
- FEMA P-936. (2013) Flood-proofing Non-Residential Buildings. http://www.fema.gov/-media-library/assets/documents/34270.
- FEMA (2020) Technical Bulletins. http://www.fema.gov/plan/prevent/floodplain/techbul.shtm.
- FEMA (2020) Requirements for Flood Openings in Foundation Walls and Walls of Enclosures Below Elevated Buildings in Special Flood Hazard Areas in Accordance with the National Flood Insurance Program NFIP, Technical Bulletin 1 / March 2020
- Liu, F.; Meyer, A. S.; Hogan, J.F. (2010); Mainstreaming Building Energy Efficiency
- Codes in Developing Countries: Global Experiences and Lessons from Early Adopters; Work paper 204, The World Bank, Washington, USA.
- Grases Galofré, J. (2014). La amenza sísmica. Estrategias preventivas. Geopolis;, Caracas: CAF.http://scioteca.caf.com/handle/123456789/896
- González Pinzón (2014) – La historia no contada del primer código de construcción en Colombia – 30 años. #40 Revista de Ingeniería. Universidad de los Andes. Bogotá D.C., Colombia. http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n40/n40a12.pdf
- ICC - INTERNATIONAL CODE COUNCIL (2019), Resilience Contributions of the International Building Code, https://www.iccsafe.org/wp-content/uploads/19-17804_IBC_Resilience_WhitePaper_FINAL_HIRES.pdf
- ICC (International Code Council). 2018. 2018 International Building Code. Code & Commentary. New York: Thomson Delmar Learning.
- ICC 500 (2014) Standard for the Design and Construction of Storm Shelters.
- IFC 2018 International Fire Code, August 2017, International Code Council, Inc.
- Intini, P., Ronchi, E., Gwynne, S. et al. (2017) Guidance on Design and Construction of the Built Environment Against Wildland Urban Interface Fire Hazard: A Review. Fire Technol (2019). https://doi.org/10.1007/s10694-019-00902-z
- Lafuente, M., Grases, J., & Genatios, C. (2014). Revisión de la normativa sísmica en América Latina. Geopolis; Caracas: CAF. http://scioteca.caf.com/handle/123456789/897
- Ledezma, C. (2012); Sobre el Estado Actual de las Normas de Diseño Antisísmico en Chile, Senado de Chile.
- López, O. A. (2014). Guía para la evaluación de edificaciones existentes con fines de

adecuación sísmica. Geopolis; Caracas: CAF.http://scioteca.caf.com/handle/123456789/895

- Morena López, A.; Moreno R. (2010); José Antonio .Apuntes sobre el urbanismo romano de Torreparedones (Baena, Córdoba); Las técnicas y las construcciones en la ingeniería romana, 429-460 (ISBN 978-84-614-3758-0)
- Natcatservice (2020) https://www.munichre.com/en/solutions/for-industry-clients/-natcatservice.html, Acceso en Junio 2020.
- NIBS, National Institute of Building Sciences (2018) Multi hazard Mitigation Council. Natural Hazard Mitigation Saves: 2018 Interim Report. Principal Investigator Porter, K.; co-Principal Investigators Scawthorn, C.; Huyck, C.; Investigators: Eguchi, R., Hu, Z.; Reeder, A; Schneider, P., Director, MMC. National Institute of Building Sciences, Washington, D.C. https:// www.nibs.org/resource/resmgr/mmc/NIBS_MSv2-2018_Interim-Repor.pdf.
- Norma IRAM N° 11601. Aislamiento térmico de edificios. Propiedades térmicas de los materiales para la construcción. Método de cálculo de la resistencia total.
- Norma IRAM N° 11603. Aislamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.
- NCh433 (2009). Diseño sísmico de edificios. Instituto Nacional de Normalización INN, Santiago, Chile
- PNUMA. (2010). Perspectivas del Medio Ambiente: America latina y el Caribe. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. ISBN: 978-92-807-2956-6 Job Number: DEW/1077/PA
- Reus Netto, G. 2017«Sistemas de calificación edilicia en Latinoamérica. Master's Thesis, Architecture and Urbanism Department, National University of La Plata. 2017. http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/62912 (acceso le 04 04, 2018).
- US Green Building Council. https://www.usgbc.org/projects
- Vargas Caicedo, Hernando (2014) Los códigos en la construcción en Colombia: Aproximaciones y aplicaciones". Revista de Ingeniería. 41, 54-56. DOI: http://dx.doi.org/10.16924/riua.v0i41.784
- Vicuña, S., Redwood, M., Dettinger, M., and Noyola, A. (2018). Urban water systems. In Rosenzweig, C., W. Solecki, P. Romero-Lankao, S. Mehrotra, S. Dhakal, and S. Ali Ibrahim (eds.), Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network. Cambridge University Press. New York. 519–552



Barreras, oportunidades y condiciones

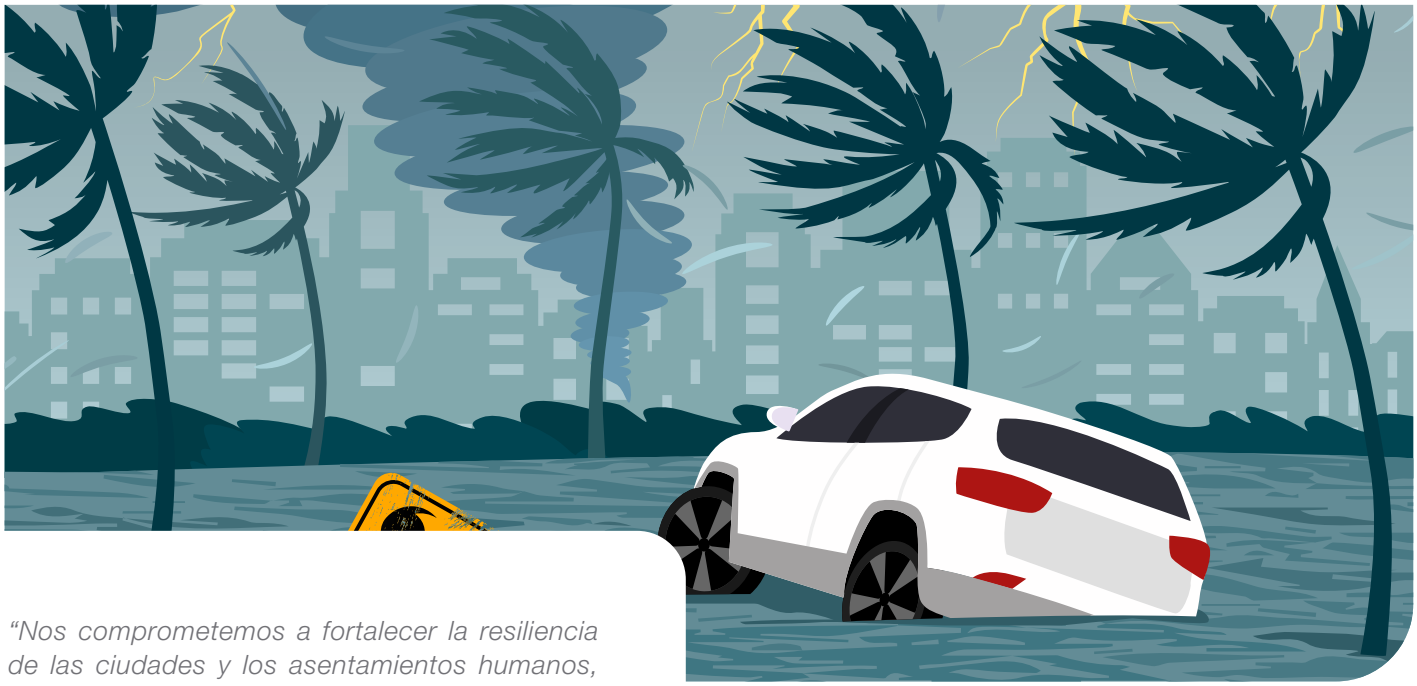
requeridas para construir ciudades sostenibles y resilientes

CAPÍTULO

06

CIUDADES RESILIENTES

Barreras, oportunidades y condiciones **requeridas para construir ciudades sostenibles y resilientes**



"Nos comprometemos a fortalecer la resiliencia de las ciudades y los asentamientos humanos, en particular mediante una planificación espacial y un desarrollo de infraestructuras de calidad, a través de la adopción y aplicación de políticas y planes integrados en los que se tengan en cuenta la edad y el género y enfoques basados en los ecosistemas, en consonancia con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 y mediante la incorporación de una perspectiva holística y fundamentada en datos en la gestión y la reducción del riesgo de desastres a todos los niveles para reducir la vulnerabilidad y el riesgo, especialmente en las zonas propensas a los riesgos de los asentamientos formales e informales, incluidos los barrios marginales, y para permitir que las familias, las comunidades, las instituciones y los servicios se preparen para las repercusiones de los peligros, reaccionen a ellas, se adapten y se recuperen con rapidez, incluidos los peligros de crisis súbitas y los derivados de las tensiones latentes."

(ONU – Nueva agenda urbana, 2017).

Para el desarrollo de ciudades sostenibles y resilientes no existe una única metodología, pero la Nueva Agenda Urbana de la ONU (ONU-Habitat, 2017) proporciona los principios y las prácticas probadas para trasladar estas ideas desde el proyecto a su aplicación en el mundo real. En este sentido, es necesario que los gobernantes, los encargados de tomar decisiones y los habitantes urbanos se apropien del futuro común de su ciudad. Para ello es necesario repensar la forma en la que se planifica, construye y se gestiona el espacio urbano, para lo cual se deben remover algunas barreras, aprovechar la oportunidad de la coyuntura histórica, y generar las condiciones necesarias para construir ciudades sostenibles y resilientes en América Latina y el Caribe.

6.1 Barreras que son necesarias remover

6.1.1 Accesibilidad a datos confiables

La planificación y gestión de un Programa de Desarrollo Urbano Sostenible está orientado a las acciones para atender los principales índices de desarrollo sostenible, por esta razón cada área urbana requiere contar con un sistema consolidado de información geográfica que contenga los datos actualizados de los múltiples parámetros del desarrollo sostenible. El Sistema de Información Geográfica (SIG) requiere contar con datos precisos de la población (edad, genero, salud, educación), actividad económica y contribución fiscal, vivienda y servicios básicos, y patrones de movilidad, entre otros, que permitan establecer el déficit de desarrollo sostenible de cada sector de la comunidad. Asimismo, es igualmente necesario el acceso a datos meteorológicos, hidrológicos, edafológicos y topográficos que permitan estimar los escenarios de amenazas de los distintos barrios y/o zonas urbanas de mayor riesgo ante los desastres naturales; así como también el acceso a datos unificados que permitan identificar y proteger el patrimonio arqueológico, histórico, artístico, arquitectónico y cultural de las poblaciones, para evitar su colisión con los programas y acciones de desarrollo urbano sostenible, y promover el rescate, conservación y respeto del patrimonio cultural.

6.1.2 Mejoramiento del desarrollo económico y social

La reducción de la pobreza en todas sus formas y dimensiones, incluida la indigencia, es un requisito indispensable para el desarrollo sostenible de las ciudades. La proporción de habitantes de una ciudad en asentamientos informales o barrios extremadamente pobres afecta el desarrollo y la organización urbana, así como la provisión de infraestructura, vivienda digna y servicios básicos que promuevan el desarrollo humano indispensable para lograr resiliencia y sostenibilidad.

6.1.3 Informalidad del sector de la construcción

La reducción de la informalidad del sector de la construcción en el área urbana se enfoca en primer lugar, en garantizar la regularización de la tenencia de la tierra y la reubicación de los asentamientos amenazados por contingencias o, riesgos naturales o antropogénicos. Es necesario el diseño de un programa de reservas territoriales, así como desarrollar y promover áreas destinadas al desarrollo urbano aplicando limitaciones y estímulos a la propiedad urbana, o incorporando tierras de origen rural al desarrollo urbano. Generalmente, la mejor prevención de desastres es no exponer al peligro a la población, las edificaciones y el sistema productivo. El ordenamiento territorial, las normativas urbanas, en particular la planeación de los usos del suelo y el código de construcción, son primordiales para evitar la exposición de los edificios a los eventos hidrometeorológicos y geológicos.



El segundo aspecto de la informalidad es la construcción de viviendas sin proyectos o directrices relacionadas con una construcción que cumpla las disposiciones técnicas mínimas para lograr el objetivo de resiliencia y sostenibilidad. Para mejorar este aspecto se debe proveer a los auto-constructores y pequeños constructores informales de las herramientas y capacitación para que su esfuerzo permita el desarrollo de edificios susceptibles de mejoras continuas y de crecimiento planificado de acuerdo al crecimiento económico social de su comunidad. La redacción de guías de autoconstrucción que presenten materiales y soluciones tecnológicas apropiadas a los medios asequibles para viviendas resilientes a los peligros indicados son de gran importancia en la colaboración público-privada.

6.1.4 Disponibilidad de los materiales de construcción

La elección de materiales sostenibles para un proyecto requiere consideraciones técnicas, estéticas, económicas y sobre su ciclo de vida (durabilidad, eficiencia, disponibilidad, consumo de energía y emisiones), además de considerar la capacidad de reutilizar, reciclar o desechar el material al final de su vida.

En relación a los aspectos considerados en el ciclo de vida, se tiene por ejemplo que la disponibilidad implica que los volúmenes usados actualmente no comprometerán su uso futuro al agotarse o al afectar el medio ambiente. No muchos materiales cumplen plenamente todos los criterios, debiendo recurrirse a aquellos materiales abundantes y reciclables, o aquellos renovables. Por otro lado, la eficiencia está relacionada con la cantidad de materiales que debemos utilizar para dar una respuesta mecánica, térmica y durable comparable. En el caso de la energía incorporada se refiere a la energía usada para fabricar una tonelada de material y las emisiones de gases de efecto invernadero por una tonelada del material.

Los materiales de construcción deben obtenerse localmente, ya que los grandes volúmenes transportados generan un elevado costo, consumo de energía y emisiones. En todos los casos, la evaluación debe incluir el costo inicial, y los costos de mantenimiento, reemplazo, demolición y eliminación; asimismo se debe también computar las emisiones adicionales, como la emisión de compuestos orgánicos volátiles al repintar. De esta manera, para cada región se deben realizar los análisis comparativos de los materiales disponibles con indicadores objetivos de sostenibilidad.

6.1.5 Desarrollo tecnológico de la industria de la construcción

En ALyC, la industria de la construcción presenta un entramado empresarial fragmentado con una capacidad tecnológica relativamente baja, con una fuerte proporción de procedimientos artesanales cuyo indicador principal es la demanda de cemento en sacos o bolsas. La eficiencia de los materiales, la resiliencia de las estructuras, la durabilidad de los edificios e infraestructura y la eficiencia requieren de un mayor desarrollo tecnológico para su implementación. La industria y los profesionales de la construcción deben abogar por incorporar mayor tecnología en la formulación de materiales (p.e. el uso de concreto premezclado) y en las técnicas constructivas usadas a nivel del consumo masivo.

Para obras de mediana o gran envergadura, la metodología BIM (Building Information Modeling) que facilita la gestión global de proyectos de construcción permite mejoras en el resultado y eficacia desde el diseño hasta el mantenimiento de la edificación. Estas metodologías permiten gestionar una base fiable de información y los recursos necesarios de una obra, permitiendo la interacción de todos los actores que la llevan adelante garantizando una mejora colaborativa. En la Comunidad Europea, las obras públicas requieren el uso de tecnología BIM para proyectos de construcción y de edificación. Esta metodología permite una visión detallada del proyecto de obra para todos los profesionales reduciendo errores y conflictos durante la construcción mejorando la productividad.

6.2 Oportunidades

6.2.1 Interacción de los sectores de la comunidad en alianza para el desarrollo sostenible

La coordinación de las autoridades del gobierno central, regional y municipales son necesarias para el desarrollo urbano sostenible, pero también requiere de la participación de las distintas organizaciones de la comunidad: Profesionales de la arquitectura e ingeniería, la educación en todos sus niveles, las organizaciones empresariales y del trabajo. Asimismo, se debe promover ámbitos de coincidencia para realizar una planificación urbana que permita incorporar los criterios de resiliencia y sostenibilidad en forma progresiva. Además, se debe incentivar la investigación, capacitación y aplicación de tecnologías limpias y verdes que contribuyan al desarrollo urbano sostenible.

6.2.2 Establecer los mapas de riesgos para cada comunidad

En cada comunidad se deben confeccionar los mapas de riesgos de las diferentes áreas geográficas y la zona urbana para identificar los peligros hidrometeorológicos (ciclones, lluvias, inundaciones) y geológicos (actividad volcánica, sismos, tsunamis, deslizamientos), los cuales también deben ir acompañados con un análisis de la vulnerabilidad de los barrios. Estos estudios permiten definir el uso de la tierra y prever las acciones de prevención, mitigación, preparación, atención de emergencias, recuperación y reconstrucción necesarias para construir resiliencia. Adicionalmente, permiten establecer las directrices para el diseño, materiales aceptables y técnicas constructivas de los edificios y de la infraestructura.

6.2.3 Nuevos diseños de vivienda y edificios con criterios sostenibles y accesibles para la población de bajos recursos

Para alcanzar el objetivo de asignación de viviendas adecuadas, asequibles, accesibles, eficientes, seguras, resilientes, bien conectadas y bien ubicadas, se requiere contar con modelos habitacionales que sean eficientes. Deben existir diversas opciones de vivienda adecuada para los diferentes grupos de ingresos de la sociedad con una buena resiliencia, eficiencia energética y salubridad. La construcción de nuevas viviendas reduce el déficit cuantitativo, pero se requiere de una gran inversión en la restauración y adaptación de los edificios existentes para lograr una mejora de las condiciones de vida, resiliencia y eficiencia energética, los cuales deben estar asociados a un planeamiento que atienda al factor de proximidad y al fortalecimiento de la relación espacial con el resto del entramado urbano.

Para el sector de los edificios, las estrategias de adaptación y mitigación propuestas por el IPCC (IPCC, 2014) para disminuir las emisiones de CO_2 incluye la incorporación de las fuentes de energía renovable integradas, la mayor eficiencia de los dispositivos de acondicionamiento térmico, el diseño de edificios de bajo o nulo consumo energético, el uso de sistemas de calefacción/refrigeración central en barrios o ciudades, la cogeneración de calor y electricidad, el cambio de hábitos y estilo de vida en la población. Otras de las medidas que se consideran de gran impacto en el desarrollo sostenible es el aumento de la vida útil de los edificios, la durabilidad de los materiales de construcción, las estructuras y el uso de materiales de bajo consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero. En este espacio, las estructuras de concreto diseñadas apropiadamente y realizadas con materiales que cumplan los procesos de ecoeficiencia son una gran oportunidad.

6.2.4 El desarrollo de los materiales locales para la construcción sostenible

Para el desarrollo sostenible, los materiales de construcción para los edificios e infraestructura, deben ser materiales locales o de cercanía. El gran volumen de materiales utilizados por la construcción requiere que ellos sean de bajo consumo de energía y bajas emisiones de gases efecto invernadero medido en la puerta de la ciudad, es decir incluyendo el transporte.



En términos generales, los materiales de construcción deben ser más eficientes, no sólo en términos productivos de cantidad, costo y emisiones, sino especialmente teniendo en cuenta el ciclo de vida desde la extracción de los recursos naturales, transporte, procesos industriales, mantenimiento durante su vida útil y deposición final de los residuos.

Cada ciudad tiene sus restricciones geográficas, sus vías de acceso y su modalidad del transporte de mercancías, que son condiciones de borde para el análisis de la cadena de suministros de materiales que define los materiales y técnicas constructivas de menor impacto ambiental. Los residuos de la demolición y construcción generados por la ciudad se deben reducir e integrarlos a la cadena de valor de la industria de la construcción.

Otro aspecto importante en el desarrollo sostenible es el aumento de la vida útil de los edificios, en parte otorgada por una mayor durabilidad de los materiales y las buenas prácticas de ejecución de las construcciones. Es necesario que, para evaluar los materiales y técnicas constructivas más convenientes para el desarrollo de las viviendas y la infraestructura, se incluya una valoración de ecoeficiencia medida con indicadores objetivos (p.e. ISO), así como la definición de vida útil en término de años y el costo de mantenimiento y operación durante la vida útil, utilizando cálculos basados en indicadores de producción local y del ambiente geográfico y bioclimático donde se emplaza la construcción.

6.2.5 La industrialización de la construcción

En ALyC, gran parte de la construcción es realizada in situ con una mano de obra no calificada, con técnicas precarias, lo cual es contraproducente. La eficiencia de los materiales y la calidad se incrementa cuando hay un aumento de la industrialización. Los edificios de vivienda y las obras públicas municipales necesarias para la protección de la población, las viviendas e infraestructura, tales como, estabilización de laderas y taludes, muros de contención, pequeños embalses de regulación, parques de infiltración y canales, requieren del desarrollo de nuevas técnicas constructivas y especialmente de elementos prefabricados. La prefabricación promueve el desarrollo sostenible por la mejor calidad del empleo y la eficiencia, y también porque permite formulaciones que garantizan una mayor vida útil. Además, los elementos prefabricados son usados en la infraestructura de abastecimiento de agua, saneamiento y desagües, así como en las nuevas infraestructuras verdes como los pavimentos y aceras permeables, canaletas plantadas, azoteas, techos y fachadas verdes; sistemas de captación de agua y el desarrollo de parques lineales. Las herramientas de gestión integradas (BIM) también son una tecnología emergente para lograr una mayor eficiencia en la industria de la construcción.

6.3 Condiciones requeridas

6.3.1 Conciencia comunitaria de la necesidad de la resiliencia y sostenibilidad

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y la consecución del Objetivo 11 de lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles, es un marco de entendimiento para ampliar la conciencia de la comunidad. La nueva agenda urbana (UN – Habitat, 2017) también reconoce a la urbanización como un motor impulsor de un crecimiento económico sostenido e inclusivo, del desarrollo social y cultural y de la protección del medio ambiente. Este compromiso ha sido asumido por los gobiernos centrales y locales, incluye el derecho del habitante al acceso universal y asequible al agua potable y al saneamiento, a los servicios públicos de calidad de nutrición, salud, educación, a la infraestructura de transporte y movilidad. En otros objetivos promueve el uso de la energía no contaminante, el uso sostenible de la tierra y de los recursos en el desarrollo urbano, protegiendo los ecosistemas y la diversidad biológica, alentando modalidades de consumo y producción sostenibles, fortaleciendo la resiliencia urbana, reduciendo los riesgos de desastre, y poniendo en práctica medidas de adaptación al cambio climático y mitigación de sus efectos. La Agenda 2030 es un incentivo para los gobernantes y las comunidades para la toma de conciencia de estas necesidades en las distintas ciudades de ALyC.

6.3.2 Toma de decisiones para el cambio de los distintos estamentos gubernamentales

La planificación, desarrollo, administración y gestión de las ciudades sostenibles requiere de una función rectora de los gobiernos nacionales, cuando corresponda, para la definición de políticas urbanas inclusivas y eficaces y leyes para el desarrollo urbano sostenible, la contribución de los gobiernos subnacionales y locales, también se incluye a la sociedad civil en los procesos de planeación, consulta pública y administración del desarrollo urbano sostenible.

Por ejemplo, el gobierno federal de México cuenta con la "**Ley general de asentamientos humanos, ordenamiento territorial y desarrollo urbano**"; el estado de Chihuahua tiene su Ley de Desarrollo Urbano Sostenible, y los municipios tienen distintas atribuciones en sus jurisdicciones. La ley estadual regula la participación de la sociedad civil y de los habitantes en consejos asesores de distinto nivel y responsabilidad.

La planificación urbana requiere de una mirada integral del aprovechamiento del suelo, como de los costos y aprovechamiento integral y óptimo de la infraestructura y los servicios. También debe contar con un sistema de gobernanza institucional que garantice la participación de los interesados en el desarrollo urbano para promover la inclusión social, el crecimiento económico inclusivo y sostenible, y la protección del medio ambiente.

6.3.3 Planificación de la ciudad con códigos de edificación sostenibles

Es necesario que las ciudades cuenten con legislación y códigos de desarrollo territorial sostenibles que incluyan todas las dimensiones del ordenamiento urbano. Por un lado, debe incluir la optimización de la ocupación del suelo, uso de la infraestructura, del equipamiento y los servicios públicos y privados para lograr una mejor atención de las necesidades de los asentamientos humanos. Asimismo, debe promover el uso de energía limpia y menor consumo, y proponer acciones para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente las debidas al acondicionamiento térmico de los hogares y el transporte. De igual manera, deben contemplar la reducción de la contaminación del aire y el agua, la reducción y la gestión del riesgo de desastres, mediante el apoyo a la preparación de estrategias de que disminuyan el impacto del peligros naturales y antropogénicos, fomentando el desarrollo económico sostenible y protegiendo a todas las personas, sus bienes y su calidad de vida mediante infraestructura, servicios básicos y una planificación urbana compatible con el ambiente.

También debe incluir el uso de los materiales locales para la construcción, especialmente aquellos que permiten un ciclo de vida más eficiente, como disminución del impacto y mitigación del daño causado por los residuos derivado de la actividad humana en los ecosistemas.

6.3.4 Desarrollo y revisión de los códigos de edificación adaptados a las tecnologías y a los materiales existentes para el desarrollo sostenible de las ciudades

Los gobiernos deben promover, junto a las universidades, asociaciones profesionales, constructores y proveedores de materiales, el desarrollo y adaptación de códigos de construcción con un criterio sostenible. El código debe valerse de las normas técnicas, los materiales y tecnologías actuales para lograr edificios con mayor resiliencia frente a las amenazas identificadas. La nueva normativa de edificación requiere la definición de una vida útil más prologada, el menor costo de mantenimiento, un cálculo del consumo energético de todas las edificaciones. También debe incluir medidas sencillas para lograr una buena resiliencia a los eventos hidrometereológicos y geológicos, las soluciones locales para el ahorro energético, y siempre dejar abierta la posibilidad de innovación en las tecnologías de construcción cuya eficacia debe demostrarse.

La actualización de los códigos de construcción también resulta imprescindible para incluir las estrategias y prácticas recientes que favorecen su aplicación.

Es complejo lograr una ciudad sostenible y resiliente sin códigos de construcción que fijen las pautas mínimas para su desarrollo. Las herramientas de cálculos objetivos deben ser sencillas y aplicables a los materiales y técnicas constructivas regionales, y deben poder validar con indicadores que las nuevas edificaciones o la restauración y adecuación de los edificios existentes contribuyen a la sostenibilidad del espacio urbano en que se emplazan.

6.4 Referencias

- IPCC. **(2014)**. Cambio climático 2014: Informe de Síntesis. In Contribución de los Grupos de trabajo I,II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

- ONU-Habitat. **(2017**). Nueva Agenda Urbana. United Nations. http://urbanhabitat.com.ar /data/Planear el Barrio.pdf

Conclusiones **finales**

El crecimiento de la población y la urbanización es uno de los motores más importantes de la economía mundial de este siglo. En ALyC, más del 80% de la población vive en zonas urbanas. Una quinta parte de la población vive en grandes áreas urbanas (> 5 Mhab) y esta proporción se proyecta estable en los próximos años. El crecimiento de la población será mayor en las ciudades grandes e intermedias (0,5 a 5,0 Mhab), mientras que se espera que la proporción de la población en las ciudades pequeñas y muy pequeñas decrezca, pero aún representa el 42 % de la población urbana total.

La urbanización ha acelerado la demanda de acceso a la vivienda, a los sistemas de transporte y a los servicios básicos de mejor calidad. Es por ello que se requiere conjugar estas demandas con el desarrollo sostenible, siendo necesario, en mayor medida, el desarrollo de ciudades inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. Para lograr este Objetivo del Desarrollo Sostenible (ODS) se requiere que los gobiernos locales adopten e implementen políticas y planes integrados hacia la inclusión social, el uso eficiente de los recursos, la mitigación y la adaptación al cambio climático y la resiliencia a los desastres naturales.

En América Latina y el Caribe, el cambio climático impactará sobre las poblaciones urbanas debido al aumento de la temperatura media, tormentas más intensas, cambio en los patrones e intensidad de las precipitaciones y al aumento del nivel del mar en las zonas costeras, todos ellos sumados a los desastres de naturaleza geofísicos. La adaptación al cambio climático y el aumento de la resiliencia de las zonas urbanas requieren de la **planificación territorial y de la implantación de una infraestructura eficiente para disminuir la vulnerabilidad de la población.** La mejora en la eficiencia energética de las construcciones nuevas y en las existentes también requiere respuestas apropiadas desde el sector de la construcción en los planes de mitigación al cambio climático.

En las ciudades, las necesidades de la población serán cambiantes de acuerdo a su perfil poblacional, geográfico y socio-cultural, y requiere de nuevas respuestas desde el planeamiento integrado y la gestión para lograr ciudades sostenibles y resilientes. Las iniciativas van desde el diagnóstico de la situación actual, la integración de sistemas de datos, el entrenamiento y formación de personas, el planeamiento territorial, el uso de tecnologías y la adecuación y construcción de obras de infraestructura.

En el desarrollo de ciudades sostenibles y resilientes, los materiales de base cementícea son esenciales para la construcción de viviendas, edificios, infraestructura de transporte (viaductos, puentes), servicios básicos (agua potable, saneamiento, pavimentos y drenajes), protección costera (rompe olas, escolleras), control de inundaciones (presas, parque lineales, canales) y deslizamientos (muros de contención), y en la infraestructura de energía (conductos, torres) y comunicaciones (fundaciones de torres).

Las estructuras de concreto son capaces de resistir los sismos, los vientos huracanados, las inundaciones y el fuego, contribuyendo a la resiliencia. La infraestructura urbana verde (aceras y pavimentos drenantes, muros de contención, diques reguladores de crecida, techos verdes, etc.) también se construye con concreto. Las estructuras construidas con este material contribuyen al desarrollo de la resiliencia urbana en términos de mejora del hábitat, la resiliencia a los desastres naturales y la adaptación al cambio climático.

Para contribuir a la mitigación del cambio climático, una ciudad sostenible requiere del uso más eficiente de la energía en los edificios de vivienda y en el transporte. A pesar de contener mayor energía incorporada, las estructuras de concreto también pueden contribuir a conseguir una mayor eficiencia energética con diseños apropiados y usando su masa térmica para el acondicionamiento térmico.

El desarrollo económico de las ciudades conlleva el uso de una mayor cantidad de recursos naturales para satisfacer las necesidades de la población urbana, incrementado la huella de los materiales. Los materiales de construcción son los de mayor volumen, por lo cual se requiere que sean accesibles y con disponibilidad local, tal como lo es el cemento y los agregados.

El concreto es un material con un **consumo de energía intenso y con emisiones**, derivadas de la fabricación de sus componentes, en especial el cemento, sin embargo, a largo plazo su huella de carbono se ve compensada por ser una solución durable con bajo costo de conservación y de mantenimiento, más su larga vida útil y mayor resiliencia.

Como buena práctica en favor de la sostenibilidad, se deben de realizar Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de los materiales de construcción, los cuales evalúan el impacto global del uso de los materiales; convirtiendo al concreto en un material competitivo, donde además se considera el uso los residuos de la construcción y la demolición como nuevo insumo del propio material.

Para la mitigación del cambio climático, el elevado consumo de energía y de emisiones de gases de efecto invernadero del sector residencial urbano, requiere una mejora de la eficiencia energética de los edificios, especialmente en lo referido al acondicionamiento térmico. Este requerimiento se puede lograr con mejores diseños, y aprovechando eficientemente la masa térmica del concreto en combinación con una insolación y estrategias de ventilación apropiadas. En el ambiente urbano, la infraestructura de concreto bien diseñada **también previene la isla de calor.**

Para estos nuevos escenarios urbanos se requiere la adecuación de los diseños, los materiales y las tecnológicas para afrontar una mayor resiliencia de la edificaciones e infraestructura. Los códigos de construcción realizados con la participación de los gobernantes, profesionales, técnicos y empresas del sector se deben adecuar y mantener actualizados de manera que contemplen la seguridad estructural, la durabilidad, el consumo energético, el mantenimiento y el destino de los residuos luego de ser demolida la construcción.

Para lograr una ciudad sostenible y resiliente es necesario remover obstáculos, crear las condiciones necesarias, y aprovechar las oportunidades presentes para que el trabajo conjunto entre el gobierno, la comunidad, los profesionales, la educación, los constructores, los empresarios y los empleados permitan lograr este **Objetivo de Desarrollo Sostenible planteado por la Organización de la Naciones Unidas.**



Cortesía: Global Cement and Concrete Association - GCCA / Concurso Concrete in Life 2020

FICEM

Hoja de Ruta CO_2

FICEM

FEDERACIÓN INTERAMERICANA DEL CEMENTO