



# El Colegio de la Frontera Sur Université de Sherbrooke

La implementación de la Infraestructura Verde Urbana  
como elemento clave para la adaptación al cambio  
climático en las ciudades de Filadelfia, México y Montreal.  
Una mirada hacia América del Norte

TESINA

presentada como requisito parcial para optar al grado de  
Maestría Profesionalizante en Ecología Internacional

por

Susana Álvarez del Castillo González

2017

## Índice

Resumen .....	v
Resumen en Francés.....	vi
Agradecimientos .....	vii
Lista de figuras.....	viii
Lista de cuadros.....	x
Lista de Siglas y Acrónimos .....	x
Glosario .....	xii
Introducción .....	1
<b>1. La vulnerabilidad al cambio climático en las ciudades y sus factores determinantes</b>	<b>4</b>
<b>2. El desarrollo de ciudades verdes en contexto.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Crecimiento poblacional urbano.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2 Contexto internacional sobre el desarrollo sustentable urbano .....</b>	<b>10</b>
<b>2.3 Movimientos urbanos sustentables en Norteamérica.....</b>	<b>18</b>
<b>2.3.1 El nuevo urbanismo .....</b>	<b>18</b>
<b>2.3.2 Eco-ciudades.....</b>	<b>22</b>
<b>2.3.3 Smart city .....</b>	<b>23</b>
<b>3. Adaptación climática en las ciudades a través de la infraestructura verde .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1 Beneficios de la Infraestructura Verde Urbana para la adaptación al cambio climático .....</b>	<b>28</b>

3.1.1 Reducción de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) .....	28
3.1.2 Confort térmico y reducción del uso de energía .....	28
3.1.3 Reducción de inundaciones y mejoras en la calidad del agua.....	29
3.1.4 Mejoras en la calidad del aire .....	30
<b>4. Ejemplos de Infraestructura Verde Urbana contra la vulnerabilidad al cambio climático en ciudades de América del Norte .....</b>	<b>32</b>
4.1 Caso de estudio 1: Filadelfia, Estados Unidos.....	32
4.1.1 Problemática climatológica .....	32
4.1.2 Programa Green City, Clean Waters .....	34
4.1.3 Marco legal para la introducción de Infraestructura Verde en Filadelfia .....	45
4.1.4 Recomendaciones .....	46
4.2 Caso de estudio 2: Ciudad de México, México.....	47
4.2.1 Problemática climatológica .....	47
4.2.2 Reserva ecológica del Pedregal de San Ángel. Una reserva ecológica urbana..	50
4.2.3 Marco legal para la protección de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel.....	56
4.2.4 Recomendaciones .....	58
4.3 Caso de estudio 3: Montreal, Canadá .....	61
4.3.1 Problemática climatológica .....	61
4.3.2 Programa Éco-quartiers .....	64
4.3.3 Marco legal para la implementación del programa Éco-quartiers .....	71

<b>4.3.4 Recomendaciones</b> .....	72
Conclusión .....	74
Referencias.....	78

## **Resumen**

A través de una revisión de literatura, este trabajo pretende dar un panorama de los efectos de la infraestructura verde urbana sobre la adaptación al cambio climático. La infraestructura verde urbana puede ser definida como una red de espacios verdes (parques, jardines, azoteas con vegetación, muros con vegetación, etc.) que provee una serie de beneficios, como favorecer la resiliencia de los ecosistemas urbanos y reducir los impactos de las afectaciones ambientales, ya que con la creación de espacios verdes en las ciudades se puede contrarrestar significativamente el efecto de isla de calor provocado por la retención de calor a través del concreto y del asfalto, al igual que disminuir los efectos negativos provocados por gases de efecto invernadero, de los cuales el 70% se generan en las ciudades, promover el re-uso y aprovechamiento del agua, así como la protección de áreas naturales. Estos esfuerzos se dirigen hacia el objetivo de lograr ciudades menos consumidoras de recursos, y reducir la degradación del ambiente.

El siguiente ensayo se enfoca en las grandes metrópolis, se proponen tres casos de estudio, en ciudades de América del Norte: Filadelfia, la ciudad de México y Montreal, ya que estas tres ciudades comparten características entre sí; se consideran grandes metrópolis importantes para sus respectivos países, pues poseen una población mayor a los 50,000 habitantes, son de relevancia política, económica y cultural, y en donde se ha implementado Infraestructura Verde Urbana como estrategia para hacer frente a las afectaciones medio ambientales. A través de estos ejemplos se abordan los avances en materia de políticas públicas y estrategias para la adaptación al cambio climático que cada una de estas tres ciudades implementa, y se proporcionan algunas

recomendaciones para una efectiva implementación de la Infraestructura Verde Urbana. Finalmente, como conclusión se realiza una recapitulación de las principales reflexiones y propuestas generales con el objeto de amparar los esfuerzos hacia la planeación integral de ciudades resilientes ante el cambio climático.

**Palabras clave: Cambio climático, vulnerabilidad, adaptación, infraestructura verde urbana, ciudad**

### **Resumen en Francés**

Le present travail a pour but de donner une vue générale des effets de l'infrastructure verte urbaine sur l'adaptation au changement climatique. L'infrastructure verte urbaine peut être défini comme un réseau des espaces verts (soit des parques, des jardins, des toites verts, des murs verts, etc.) que peut apporter une serie de benefit, comme favoriser la résilience des écosystèmes urbains et réduire les impacts des affectation environnementaux.

Avec la formation des espaces verts dans les villes il est possible de diminuer significativement les effets des îlots de chaleur, produits par la rétention de chaleur dans le béton et le paviment; de la même manière, il est possible de diminuer les effets négatifs qui sont généré par les gaz à effet de serre, dont 70% sont générés dans les villes, promouvoir la réutilisation de l'eau, anssi que la protection des zones naturelles. Ces efforts ont pour objectif d'avoir des villes consommant moins des ressources et de diminuer la dégradation environnementale.

Cet essai se concentre sur les métropoles, trois cases d'étude sont proposés concernant des villes de l'Amérique du Nord; Philadelphie, la ville de Mexico et Montréal. Ces villes sont des grandes métropoles importantes pour la politique, l'économie et la culture de ses pays, elles ont une population des plus de 50,000 habitants, et elles comptent avec des infrastructures vertes urbaines comme strategies pour faire face à des afectation environnementaux. Ces cases constituent des exemples des avancements sur la politique publique et les stratégies pour s'adapter au changement climatique. Quelques recommandation sont également proposés afin de réussir à implémenter des infrastructures vertes urbaines. Finalement, la conclusion récapitule les principales réflexions et propositions générales, avec l'objectif de soutenir des efforts de planification intégrale des villes resilientes au changement climatique.

**Mots clés: Changement climatique, vulnérabilité, adaptation, infrastructure verte urbaine, ville**

### **Agradecimientos**

Agradezco a la Dra. Birgit Schmook y a la Dra. María Amalia Gracia, ambas profesoras e investigadoras del Colegio de la Frontera Sur en Chetumal, por sus valiosos comentarios para mejorar la redacción del presente trabajo. Tambien agradezco a Conacyt, institución que me ha apoyado con el financiamiento de mis estudios en la maestría de Ecología Internacional que oferta el Colegio de la Frontera Sur en conjunto con la Universidad de Sherbrooke.

## Lista de figuras

Fig. 1.1 Diagrama de vulnerabilidad .....	5
Fig. 1.2 Cuadro de análisis de vulnerabilidad al calor.....	7
Fig. 2.1 Línea de tiempo rumbo al desarrollo sustentable urbano.....	15
Fig. 2.2 Interacción entre el ecosistema y el sistema social humano.....	17
Fig. 2.3 Diagramas de metrópolis donde prevalecen los espacios naturales.....	19
Fig. 2.4 High line, Nueva York.....	21
Fig. 3.1 Modelo conceptual sobre las contribuciones de IVU para la mitigación y adaptación al cambio climático.....	27
Fig. 4.1 Proyectos de infraestructura pública para manejo de aguas pluviales bajo el programa GCCW, en Filadelfia, 2016.....	36
Fig. 4.2 Visión de las herramientas de infraestructura verde para el manejo de aguas pluviales en los barrios de Filadelfia.....	37
Fig. 4.3 Árboles-trinchera.....	38
Fig. 4.4 Jardinera con protuberancia hacia la calle.....	39
Fig. 4.5 Jardinera de acera.....	40
Fig. 4.6 Azoteas verdes.....	41
Fig. 4.7 Jardín de lluvia.....	41



Fig. 4.8 Herramientas adicionales para el manejo de aguas pluviales.....	42
Fig. 4.9 Vista panorámica de REPSA.....	50
Fig. 4.10 Fotografía área del Pedregal de San Ángel.....	51
Fig. 4.11 Polígono del pedregal dentro de la zona metropolitana de la Ciudad de México.....	52
Fig. 4.12 <i>Echeveria gibbiflora</i> , oreja de burro.....	54
Fig. 4.13 Jardín típico del paisaje del pedregal en Ciudad Universitaria con afloramientos rocosos.....	54
Fig. 4.14 Rehabilitación ecológica en las áreas verdes de la Facultad de Ciencias de la UNAM.....	56
Fig. 4.15 Espacios abiertos en unidades habitacionales del pedregal.....	60
Fig. 4.16 Zonas industriales, comerciales y temperaturas en Montreal.....	62
Fig. 4.17 Distribución de eco-barrios en la isla de Montreal.....	65
Fig. 4.18 Recorridos verdes y activos.....	68
Fig. 4.19 Campaña un árbol para mi barrio.....	69
Fig. 4.20 Patrulla verde.....	69
Fig. 4.21 Ejemplos de calles y patios traseros verdes en Montreal.....	70

## **Lista de cuadros**

Cuadro 4.1 Tres grandes beneficios del programa Green City, Clean Waters.....	43
Cuadro 4.2 Valor del ecosistema del Pedregal.....	53

## **Lista de Siglas y Acrónimos**

CDC	Center for Disease Control and Prevention
CONAFOVI	Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda
CWA	Clean Water Act
EPA	Environmental Protection Agency
FAO	Food and Agriculture Organization
GARP	Green Acre Retrofit Program
GCCW	Green City, Clean Waters
GDF	Gobierno del Distrito Federal
ICLEI	International Council for Local Environmental Initiatives
IEFS	International Ecocity Framework and Standards
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change

ITIS	Institut Technologies de l'information et Sociétés
LGEEPA	Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
LGVS	Ley General de Vida Silvestre
ODS	Objetivos del Desarrollo Sostenible
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PROREPSA	Programa de Adopción de la REPSA
REPSA	Reserva ecológica del Pedregal de San Ángel
RÉQ	Regroupement des éco-quartiers
SEPTA	Southeastern Pennsylvania Transportation Authority
SEREPSA	Secretaría Ejecutiva de la REPSA
SMIP	Stormwater Management Incentives Program
IVU	Infraestructura Verde Urbana
UN	United Nations
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
UNEP	United Nations Environment Programme
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
WCDE	World Commission on Environment and Development

## Glosario

Adaptación	Proceso de ajuste al ambiente para moderar daños u obtener beneficios (IPCC, Glossary. 2012).
Cambio climático	Un cambio en el estado del clima que puede ser identificado (ej. por la utilización de pruebas estadísticas) por cambios en la media y/o en la variabilidad de sus propiedades (temperatura, humedad, presión atmosférica, viento, precipitación) y que persisten por un período extenso, decadas o más tiempo. El cambio climático puede ser debido a procesos naturales o fuerzas externas, o factores antrópicos (IPCC, Glossary. 2012).
Capital social	Es un concepto que hace referencia a la colaboración social entre un colectivo humano vinculando actividades, relaciones y valores entre los individuos (Field, 2003). Este capital se forma por relaciones sociales que pueden constituir recursos para el capital y beneficiar a uno o varios actores (Coleman, 1988).
Gases efecto invernadero	Gases atmosféricos que absorben y emiten radiación infraroja, estos gases son emitidos a su vez por la superficie terrestre, la atmósfera y nubes. Los principales gases de efecto invernadero son el vapor del agua (H <sub>2</sub> O), el dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ), metano (CH <sub>4</sub> ), óxido

de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y el ozono (O<sub>3</sub>). los cuales provocan un aumento de la temperatura superficial terrestre (IPCC, Glossary. 2007).

#### Gentrificación

Cambios en una zona que son caracterizados por la inserción de nuevos residentes con mayor status socioeconómico que los residentes de la zona y por el incremento del valor de las propiedades, lo que genera el desplazamiento de los residentes con menor status socioeconómico fuera de dicha zona (Ding, et al., 2015).

#### Infraestructura Verde Urbana (IVU)

La IVU es definida como una red de espacios verdes, manejada como un sistema integral que provee un rango de beneficios para el ser humano y conserva el funcionamiento de los ecosistemas naturales (Benedict & McMahon, 2002).

#### Isla de calor

El relativo calentamiento de la ciudad comparado con las áreas periurbanas, asociado con el calor retenido por la concentración de asfalto, contaminación, etc (IPCC, Glossary. 2012).

#### Resiliencia

Capacidad de un sistema de absorber un espectro de shock o perturbación, manteniendo sus funciones, estructura, identidad y de reponerse en un nuevo contexto (Chapin III, et al., 2009).

## Seguridad alimentaria

La seguridad alimentaria existe cuando todas las personas tienen acceso físico, social y económico permanente a alimentos seguros, nutritivos y en cantidad suficiente para satisfacer sus requerimientos nutricionales y preferencias alimentarias, y así poder llevar una vida activa y saludable (FAO, 2017).

## Servicios ambientales

Beneficios generados por el ecosistema, como: regulación del clima, proporcionar oxígeno, evitar inundaciones mediante la captura de agua de lluvia que se filtra en la tierra y alimenta los mantos acuíferos, evitar la erosión del suelo, brindar recursos para la alimentación, la elaboración de medicamentos y materia prima, y generan espacios recreativos al aire libre (SEREPSA, 2008).

## Sustentabilidad

Utilización del ambiente y los recursos para cubrir las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras para cubrir sus propias necesidades (World Commission on Environment and Development, 1987).

## Vulnerabilidad

Propensión o predisposición a ser afectado de modo adverso (IPCC, Glossary. 2012). Un sistema es vulnerable cuando se encuentra expuesto al peligro (Magaña, 2013).

## **Introducción**

El cambio climático, que se genera principalmente por factores antrópicos<sup>1</sup>, es asociado al incremento de las temperaturas superficiales globales, cambios en las precipitaciones, incremento del nivel de los océanos y la desertificación, ya que el cambio climático hace referencia a las variaciones de los promedios de temperatura en periodos muy largos de tiempo (IPCC,2012).

El cambio climático es parte de la problemática ambiental actual. Hoy en día las actividades humanas generan transformaciones tan fuertes en el planeta que han llegado a afectar los ciclos bioquímicos de la tierra, estos ciclos cuando son transgredidos pueden conducir a la extinción de la vida como hasta ahora la conocemos (Chapin, et al., 2000; Rockstrom, et al., 2009).

La temperatura de los océanos y de la tierra se ha incrementado en 0.88°C en los últimos 150 años (Sutherland, et al., 2014), lo cual ha generado un aumento de fenómenos meteorológicos extremos, como inundaciones y sequías. Por lo tanto, conforme aumenta la temperatura del planeta también aumentan estas afectaciones (Schleussner, et al., 2016).

Se han planteado metas a nivel global para disminuir las afectaciones provocadas por el cambio climático. Por ejemplo, en el acuerdo de París 2015 se incluyó el objetivo de no rebasar los 2°C en el calentamiento global (UNFCCC, 2015; Schleussner, et al., 2016). La dirección que tome el desarrollo de las ciudades es un factor determinante que

---

<sup>1</sup> Producidos o modificados por la actividad humana (Diccionario de la lengua española, 2014)

repercutirá para lograr, o no, el objetivo de limitar el calentamiento global por debajo de los 2°C (UN-Habitat, 2011).

Las ciudades concentran el grueso de la población, la riqueza (PIB), son focos generadores de emisiones de gases de efecto invernadero, pues son responsables aproximadamente del 70% de estas emisiones directamente vinculadas al calentamiento global, representan espacios donde se consume el grueso de la energía y de los recursos.

Las ciudades son susceptibles de los efectos del cambio climático, ya que la combinación de superficies pavimentadas, un gran número de habitantes, construcciones, contaminación, entre otros factores, no representan condiciones ideales para enfrentar un clima cambiante. Un clima en el cual los eventos extremos, como las olas de calor, son cada vez más frecuentes e intensos, y llegan a amenazar a la salud pública, sobre todo a los grupos más vulnerables de la población, como son los ancianos, niños, personas con enfermedades crónicas, personas en situación de pobreza, etc. (Rey, et al., 2009; Stone & Frumkin, 2010; Uejio, et al., 2011).

Por otra parte, la urbanización contemporánea es compleja, donde el crecimiento demográfico y espacial son caracterizados por deterioradas condiciones sociales, económicas y físicas para una parte de la población urbana, sobre todo en países en vías de desarrollo (Bolay, 2006). Estas condiciones impactan en las vulnerabilidades al cambio climático en las ciudades. Por ejemplo, en estudios recientes se ha encontrado que la mortalidad y morbilidad asociada al calor extremo no son exclusivamente ligadas a la exposición al calor, sino también a poblaciones vulnerables (ej. ancianos, personas en situación de pobreza, etc.) (Rey, et al., 2009; Uejio, et al., 2011).



Más aun, los desastres naturales se han incrementado durante los últimos años, generando grandes afectaciones para numerosas ciudades alrededor del mundo, debido principalmente al incremento de vulnerabilidades sociales. Si se buscan reducir los impactos negativos del cambio climático, es necesario también reducir las vulnerabilidades sociales (IPCC, 2012).

Las ciudades pueden encontrar estrategias de adaptación a los impactos negativos provocados por el cambio climático, por medio del mejoramiento de infraestructura verde (ej. Norton, et al., 2015). La adaptación hace referencia a la combinación de estrategias, atributos y recursos disponibles para moderar daños (Norton, et al., 2015). Esta adaptación al cambio climático implica la reducción de vulnerabilidades biofísicas y sociales (Gallopín, 2006; Wilhelmi & Hayden, 2010; IPCC, 2012) para dirigirnos rumbo a ciudades incluyentes, resilientes y sustentables. Tal como se ha planteado dentro de los objetivos de desarrollo sostenible, los cuales han sido ratificados por 193 Estados miembros de las Naciones Unidas, para superar la pobreza, proteger el planeta y mejorar las condiciones de vida en todo el mundo (PNUD, 2016).

El presente trabajo pretende como objetivo general brindar un panorama sobre los impactos de la Infraestructura Verde Urbana (IVU) para la adaptación ante el cambio climático en las metrópolis, centrandose en América del norte (Canada, Estados Unidos y México). En este contexto los objetivos específicos, que atienden el objetivo general anteriormente planteado son:

- 1) Identificar, analizar y revisar ejemplos exitosos de IVU como estrategia adaptativa para el cambio climático, centrados en la Ciudad de México, México, Filadelfia, EUA, y Montreal, Canadá.

- 2) Proponer recomendaciones que favorezcan la generación de políticas para la implementación de la IVU y la adaptación al cambio climático en las ciudades donde se presentan los casos de estudio.

La relevancia de este trabajo se centra en la divulgación de los esfuerzos hacia la planeación integral de ciudades resilientes ante el cambio climático y en las propuestas para la implementación de IVU como estrategia de adaptación ante las afectaciones climáticas en las metrópolis de América del norte.

### **1. La vulnerabilidad al cambio climático en las ciudades y sus factores determinantes**

Este capítulo explica la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa como factores que determinan la vulnerabilidad humana ante los impactos negativos provocados por el cambio climático, a la que son particularmente susceptibles las ciudades, ya que las áreas urbanas presentan características biofísicas distintas en comparación con las áreas rurales. Por ejemplo; en las áreas urbanas los intercambios de energía son modificados, lo cual genera un efecto de isla de calor urbana, donde la temperatura puede verse incrementada en varios grados comparada a la de las áreas rurales. Estos cambios biofísicos han sido, en parte, resultado de la urbanización que reemplaza áreas vegetadas, las cuales proveen servicios ambientales tales como brindar sombra natural, refrescar el ambiente y filtrar el agua.

La vulnerabilidad ante las perturbaciones generadas por el cambio climático es un concepto multidimensional, donde algunas de estas dimensiones son sociales, físicas, económicas y ambientales (Magaña, 2013).

Según Gallopín (2006), la vulnerabilidad está en función de tres componentes principales; 1) la exposición a perturbaciones, 2) la sensibilidad ante perturbaciones o grado en el que un sistema puede absorber los impactos sin sufrir daños a largo plazo y 3) la capacidad de adaptación. Este último componente se refiere a la habilidad de ajuste sustentable a largo plazo ante las perturbaciones, puede incluir reacciones en el sistema que modifican la sensibilidad y la exposición a perturbaciones. Dichas perturbaciones pueden ser las distintas afectaciones provocadas por el cambio climático (ej. los fenómenos meteorológicos extremos y la degradación del medioambiente).

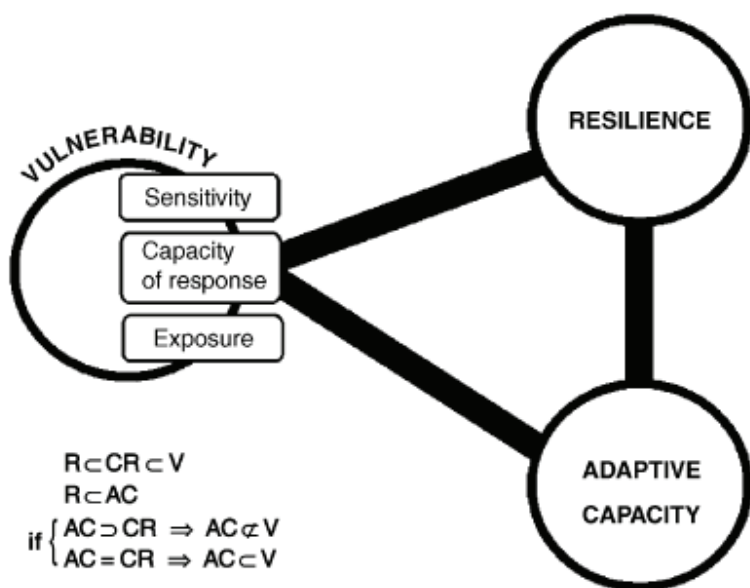


Fig. 5. A diagrammatic summary of the conceptual relations among vulnerability, resilience, and adaptive capacity as described in this article. The signs represent relationships between sets:  $\subset$  – "subset of";  $\not\subset$  – "not a subset of"; R, V, AC, and CR stand for resilience, vulnerability, adaptive capacity, and capacity of response, respectively.

Fig. 1.1 Diagrama de vulnerabilidad (Gallopín, 2006)

La capacidad de respuesta, también ha sido señalada como componente central para determinar la vulnerabilidad, sin embargo, esta se distingue de la capacidad adaptativa

por la utilización del criterio de ajuste a corto plazo. Mientras que la capacidad adaptativa se enfoca en el largo plazo (Gallopín, 2006).

Esta visión que propone Gallopín (2006) es compartida con múltiples autores que integran los mismos tres componentes centrales para la detección de vulnerabilidades ante el cambio climático (ej. O'Brien, et al. 2004; Wilhelmi & Hayden, 2010; Uejio, et al., 2011; IPCC, 2012; Magaña, 2013; Norton, et al. 2015).

En el estudio de Norton, et al. (2015) la exposición a altas temperaturas y vulnerabilidad social fueron los factores determinantes para identificar los principales barrios donde la implementación de infraestructura verde es urgente para mitigar eventos extremos de calor. Las capacidades adaptativas, mencionan, pueden enfocarse en los espacios públicos, donde las personas realizan actividades al aire libre y donde la intervención del gobierno local se puede dar más fácilmente.

Existe otro enfoque para las capacidades adaptativas a través del comportamiento individual, el cual es basado en el sentido común, como: abrir ventanas, encender el ventilador o el aire acondicionado, cambiar de ropa, tomar una ducha, permanecer hidratados, etc. para evitar ser afectados por altas temperaturas (Alberini & Alhassan, 2011). Adicionalmente, pueden impactar en estas capacidades las barreras psicológicas como: la resistencia al cambio de rutina, la falta de la propia percepción como persona vulnerada, etc. (Hansen, et al. 2011).

La exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa han dado origen a cuadros de análisis para evaluar la vulnerabilidad a perturbaciones, como por ejemplo; el cuadro propuesto

por Wilhelmi & Hayden en 2010, para determinar la vulnerabilidad al calor extremo (figura 1.2).

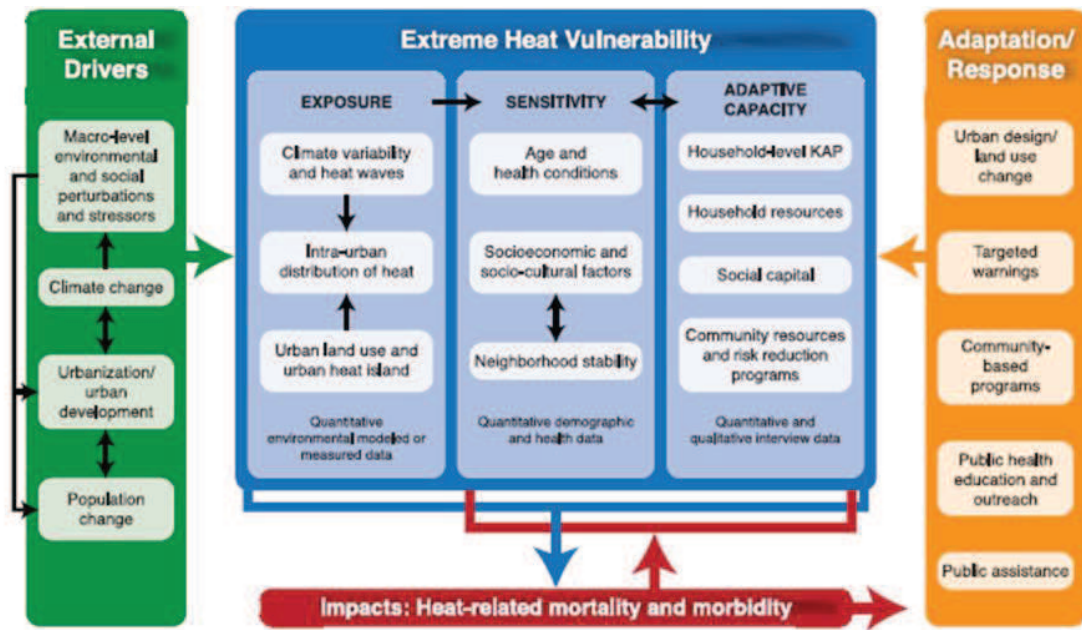


Figure 1. Extreme heat vulnerability analysis framework.

Fig. 1.2 Cuadro de análisis de vulnerabilidad al calor (Wilhelmi & Hayden, 2010)

El cuadro anterior explica la exposición en función de factores climáticos y uso del territorio, la sensibilidad la componen factores como; la edad, condiciones de salud, condición socioeconómica y cultural de las personas, mientras que la capacidad adaptativa la integran factores como; el capital social y recursos con los que cuenta la comunidad.

Los factores socioeconómicos son frecuentemente vinculados a aspectos de salud. Las poblaciones con bajos niveles socio-económicos suelen ser más vulnerables a los impactos del cambio climático, ya que las poblaciones en pobreza tienden a habitar en

zonas marginadas y con altos niveles de violencia, lo cual limita las capacidades de respuesta de esta población ante alguna afectación o peligro climático que llegue a afectar a la salud pública (ej. Harlan, et al., 2006; Hondula, et al., 2012; Sampson, et al., 2013; Norton, et al., 2015).

La capacidad adaptativa al cambio climático debe vincular acciones que respondan a más de un problema de los que causan la vulnerabilidad (Hardoy and Romero, 2011).

Mejorar la infraestructura, condiciones de vivienda y servicios, tomando en cuenta las necesidades de la comunidad es central para cualquier estrategia de adaptación ante el cambio climático (Hardoy and Romero, 2011). El potencial de la IVU resulta relevante para la adaptación de las ciudades al cambio climático por los beneficios que brinda a la población humana (Gill, et al., 2007). Varios estudios recomiendan que la IVU debe implementarse en todas las escalas espaciales (ej. ciudad, barrios, calles), de los centros urbanos a los suburbios y que debe darse prioridad a las áreas donde la vulnerabilidad de las personas es mayor (ej. Gill, et al, 2007; Andersson, et al., 2014, Norton, et al., 2015).

## **2. El desarrollo de ciudades verdes en contexto**

Las ciudades cambian constantemente a través del paso del tiempo, y la forma de enfrentar diversos problemas ambientales dentro de las ciudades también. Este capítulo tiene como objetivo hacer un recorrido sobre la evolución de la idea de ciudades sustentables.

El ritmo acelerado del crecimiento urbano también incrementa los graves problemas ambientales. La demanda de recursos y zonas densamente construidas en las ciudades,

entre otros factores, han generado graves impactos ambientales, cuyo peso frecuentemente recae sobre los hombros de los grupos más vulnerables, por ejemplo; las personas de bajos ingresos que tienden a residir en terrenos marginados y ambientalmente sensibles en las ciudades se encuentran más expuestos a los peligros climáticos, pero las personas con mayor capacidad económica pueden acceder a zonas de refugio ante estas afectaciones. Mientras tanto, los costos sociales y ecológicos de la contaminación urbana continuarán amenazando a la población, a menos que este ciclo de degradación se rompa (Sorensen, et al., 1998).

El desarrollo sustentable en las ciudades es una propuesta que ha ganado popularidad para reducir los impactos ambientales, integrando un manejo de los recursos económicos, sociales y ambientales de forma responsable y que permitan el desarrollo a largo plazo de las ciudades.

## **2.1 Crecimiento poblacional urbano**

Es necesario subrayar que la creciente población urbana ha sido exponencial a partir del siglo XX, cuando la industrialización y la metropolización<sup>2</sup> se hacen más que evidentes. La población urbana en el año 1800 era apenas del 3% del total de la población mundial, para 1900 ya era del 14%, 50 años más tarde esta población aumentó al 30% y para el año 2000 se calculó que la población urbana había llegado al 47% (Bolay, 2006).

---

<sup>2</sup> Concepto geográfico que denota el crecimiento demográfico, espacial y operativo de las metrópolis o grandes ciudades que se caracterizan por su elevada complejidad (Cook & Lara, 2012)

En 2016, cerca del 54.5% de la población mundial se encuentra concentrada en las ciudades. Para el año 2030, se estima que 60% de la población mundial habitará en zonas urbanas (UN, 2016).

Los grados de urbanización son muy altos para América Latina y el Caribe, así como para Norteamérica (79.5% y 81.5% respectivamente), ya que la mayor parte de la población, en estas regiones, habitan en zonas urbanas (UN, 2016).

## **2.2 Contexto internacional sobre el desarrollo sustentable urbano**

El concepto de sustentabilidad ha sido discutido desde 1960 tomando en cuenta factores como el medio ambiente, la agricultura, los alimentos, el crecimiento poblacional, la explotación de recursos y los desechos. Estos son algunos de los principales temas a tratar en términos de como los ecosistemas pueden ser negativamente afectados por las acciones humanas (Bayulken & Huisinigh, 2014).

Esta sección propone un breve resumen de los eventos y acuerdos a nivel mundial más representativos que se han suscitado para el desarrollo sustentable urbano.

La conferencia de Estocolmo convocada por las Naciones Unidas y atendida por 113 países, en 1972, fue la primera en tratar cuestiones ambientales internacionales, así como en enfatizar la necesidad de establecer políticas para la sustentabilidad y el medio ambiente. Lo cual marcó la pauta para la creación de la Comisión Mundial de Desarrollo y Medio Ambiente, así como la declaración de un plan de acción de desarrollo ambiental, donde se decidió generar un Programa para el Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP por sus siglas en inglés) cuyo principal función es la de lograr el progreso hacia el desarrollo sustentable (Bayulken & Huisinigh, 2014; Yigitcanlar & Dizdaroglu, 2015).



En 1975 la Organización de las Naciones Unidas estableció la Fundación de las Naciones Unidas para el Hábitat y los Asentamientos Humanos, cuya principal tarea consistía en ayudar, brindar capital y asistencia técnica a programas nacionales sobre asentamientos humanos, bajo la tutela del UNEP.

En 1976 la Organización de las Naciones Unidas llevó a cabo el primer congreso denominado Hábitat I, en la ciudad de Vancouver, buscando prevenir y mejorar los problemas a causa del crecimiento urbano masivo, en particular en los países en desarrollo. Dicho congreso se enfocó en la relación entre el ser humano y la ciudad bajo un manejo sustentable, donde se discutió la necesidad de una fuerte intervención gubernamental para dirigir problemas urbanos hacia un desarrollo sustentable (UN-Habitat, 2017; Bayulken & Huisingh, 2014).

La noción sobre el desarrollo sustentable se enfocó en cubrir las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de futuras generaciones para cubrir sus propias necesidades. Un desarrollo sustentable contempla un manejo de recursos económicos, sociales y ambientales de forma responsable (WCED, 1987). Esta noción fue propuesta por la Comisión de Brundtland, mejor conocida como la Comisión Mundial para el Desarrollo y Medio Ambiente, la cual en 1987 publica el reporte intitulado: *Our common future* donde el concepto de desarrollo sustentable fue acuñado. Dicho concepto ha permanecido hasta la actualidad (Kates, et al., 2005; Bayulken & Huisingh, 2014; Yigitcanlar & Dizdaroglu, 2015).

El principal objetivo de lograr un desarrollo sustentable se dirigió hacia la minimización del uso de tierras, energía y materiales, así como a maximizar la calidad de vida y bienestar humano a nivel global. Lo cual se pretende alcanzar mediante la planeación

ecológica en las ciudades, debido también a la creciente necesidad de repensar el ciclo de producción y consumo de las ciudades (Wong & Yuen, 2011).

Subsecuente a la publicación de *Our common future*, la convención de Rio, también conocida como la Convención de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo o Cumbre de la Tierra, llevada a cabo en 1992, generó la publicación de la Agenda 21, documento que señala objetivos y recomendaciones a seguir para un desarrollo sustentable de los países, en el siglo XXI. Donde se aspira alcanzar la justicia social, la sustentabilidad ambiental y la económica, remarcando el papel central del ciudadano para lograr dicha sustentabilidad (Yigitcanlar & Dizdaroglu, 2015).

La Agenda 21 es implementada por la Agencia Internacional del Medio Ambiente para los Gobiernos Locales (ICLEI por sus siglas en inglés). Dicha agencia tiene el propósito de motivar y orientar a los gobiernos locales y nacionales para el diseño y la puesta en marcha de estrategias de mitigación para sus emisiones de gases efecto invernadero. 1012 ciudades y pueblos de 84 países son miembros del ICLEI que han acordado implementar dicha agenda 21 en sus gobiernos y realizar revisiones sobre su progreso (Bayulken & Huisinigh, 2014).

En 1994 se proclamó el Programa de Acción de Barbados, adoptado durante la Conferencia Global de Desarrollo Sostenible, que se sostuvo en la ciudad de Barbados, donde se identificaron 14 prioridades para asegurar dicha sustentabilidad a nivel nacional, regional y global, las cuales son; el cambio climático y el aumento del nivel del mar, desastres naturales y ambientales, manejo de residuos, recursos marinos y costeros, el agua fresca como recurso, recursos, energía, turismo, biodiversidad, capacidad administrativa e instituciones nacionales, cooperación institucional y técnica,

comunicación y transporte, ciencia y tecnología, y desarrollo de recursos humanos (UN, 2017).

Poco más tarde, en 1997, se llevó a cabo el Protocolo de Kioto, acuerdo ambiental que busca la reducción de las emisiones de gases efecto invernadero en los países industrializados (Yigitcanlar & Dizdaroglu, 2015). En el mismo año, también se llevó a cabo la primera revisión de la agenda 21 (Cumbre de la Tierra +5) (UN, 2017).

Para el año 2000 se implementan los Objetivos de Desarrollo del Milenio enfocados en políticas de globalización para el desarrollo de la Agenda 21 (Bayulken & Huisingh, 2014).

En 2012 se suscitó la más reciente revisión de la Agenda 21 (Rio +20), en la ciudad de Rio de Janeiro, cuyo propósito central era priorizar los temas que han sido considerados como factores críticos para el progreso de la agenda 21, tales como; combate a la pobreza, cambio en los patrones de consumo, promover la biodiversidad, forestación, cuidado del agua, seguridad alimentaria y energía de recursos renovables (UN, 2012; Bayulken & Huisingh, 2014).

Con la implementación de la Agenda 21 se detectaron barreras a nivel local e institucional, por ejemplo; los gobiernos locales poseen una vaga idea sobre cómo implementar la sustentabilidad en su agenda política, económica y administrativa, a nivel local el proceso de la toma de decisiones es frecuentemente un reto que requiere resultados inmediatos y existe una falta de planeación hacia un desarrollo sustentable con visión a largo plazo en sus objetivos (Bayulken & Huisingh, 2014).

En el 2015, el Acuerdo de Paris reconoció que el cambio climático representa una amenaza potencial para la humanidad y el planeta, y por tanto es urgente atender con participación efectiva y apropiada de todos los países el objetivo de acelerar la reducción de emisiones de gases efecto invernadero, así como mantener el incremento de la temperatura global por debajo de 2°C (UN, 2017).

En el 2015 también se estableció un plan de acción denominado 2030 Agenda, que busca cumplir 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) a nivel global para el año 2030, y complementar así los Objetivos de Desarrollo del Milenio que no han sido alcanzados, tomando en cuenta las capacidades y prioridades de cada país para la elaboración de sus planes de desarrollo.

Los objetivos planteados en los ODS son; erradicar la pobreza, erradicar el hambre y conseguir la seguridad alimentaria que mejore la nutrición y promueva la agricultura sostenible, asegurar el derecho a una vida saludable y promover el bienestar, asegurar el derecho a una educación de calidad, alcanzar la igualdad de género y promover el empoderamiento de la mujer, asegurar el agua limpia y saneamiento de la misma, asegurar el acceso a la energía asequible y no contaminante, asegurar trabajos decentes para todos y el crecimiento económico, construir infraestructura resiliente que refuerce la innovación e industria sustentable, reducir la desigualdad entre países, lograr ciudades y comunidades sustentables, asegurar la producción y consumo responsable, tomar acciones urgentes para combatir el cambio climático, conservar y lograr el uso sustentable de los océanos y la vida marina, proteger y restaurar ecosistemas terrestres, promover la paz y justicia social, y finalmente, realizar alianzas para lograr los objetivos antes mencionados (UN, 2017).

Se llevaron a cabo otras conferencias de relevancia internacional para el logro de los ODS, en 2015, como; la Conferencia para la Reducción de Riesgo a Desastres, en la ciudad de Sendai, Japón, y la conferencia sobre el financiamiento para el desarrollo sostenible denominada Agenda de Acción, en Addis Ababa (UN, 2017).

La siguiente línea del tiempo pretende representar los acuerdos globales rumbo al desarrollo sustentable, mismos que se mencionaron anteriormente en este documento (ver figura 2.1).

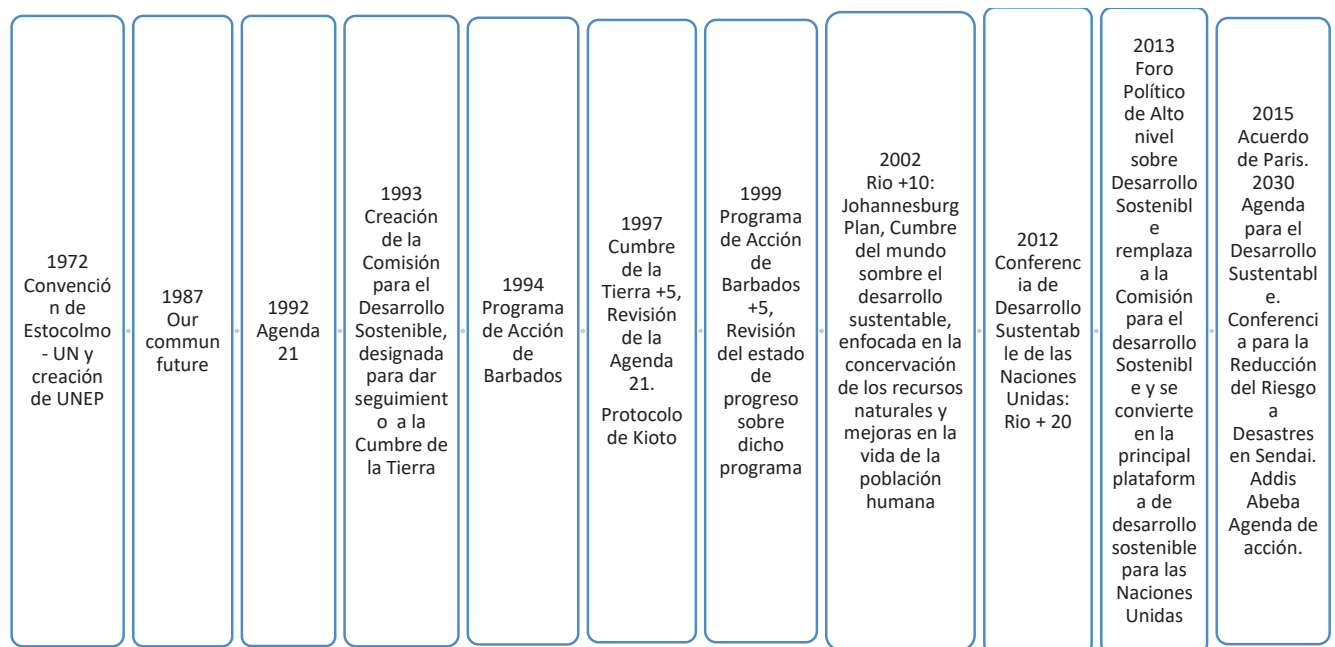


Fig. 2.1 Línea de tiempo rumbo al desarrollo sustentable urbano (elaboración propia, inspirada de UN, 2017).

Hoy en día, la expansión urbana continua requiriendo de infraestructura, servicios, casas y trabajos, generando presiones para el medio ambiente (Wong & Yuen, 2011). Los eco-pueblos o eco-ciudades han sido propuestas para la Agenda 21, que buscan mejorar el actual escenario urbano hacia la sustentabilidad (Bayulken & Huisinigh, 2014).

Propuestas como éstas, bajo un enfoque ecológico han impactado en el diseño urbano, formando olas de movimientos sustentables urbanos en distintas partes del mundo.

El enfoque ecológico urbano sostiene la necesidad de regular procesos naturales y controlar la escala de actividades humanas, integrando los procesos ambientales a los procesos de planeación y reconociendo las características físicas y mecanismos ambientales, así como el potencial, limitaciones y riesgos del área urbana para la construcción de un ambiente sustentable (Yigitcanlar & Dizdaroglu, 2015).

Esta visión ecológica urbana fue extendida durante los años noventa, dando como resultado el surgimiento del concepto de eco-ciudades, donde el principal objetivo es crear comunidades habitables y caminables bajo un ambiente urbano verde, seguro, vibrante y saludable (Yigitcanlar & Dizdaroglu, 2015), trayendo la naturaleza de vuelta a las ciudades y creando cinturones verdes que rodean las ciudades para proveer un balance ecológico y límites al crecimiento poblacional urbano (Wong & Yuen, 2011; Yigitcanlar & Dizdaroglu, 2015).

Sin embargo, algunos autores como Marten, (2001), advierten que el desarrollo sustentable no permite mantener un crecimiento económico, siempre que este crecimiento se base en incrementar la cantidad utilizada de recursos del ecosistema, el cual tiene capacidades limitadas para proveer dichos recursos.

En la búsqueda hacia el desarrollo sustentable es útil pensar sobre las interacciones que se dan en el ambiente, entre el sistema social humano y el resto del ecosistema (ver figura 2.2).

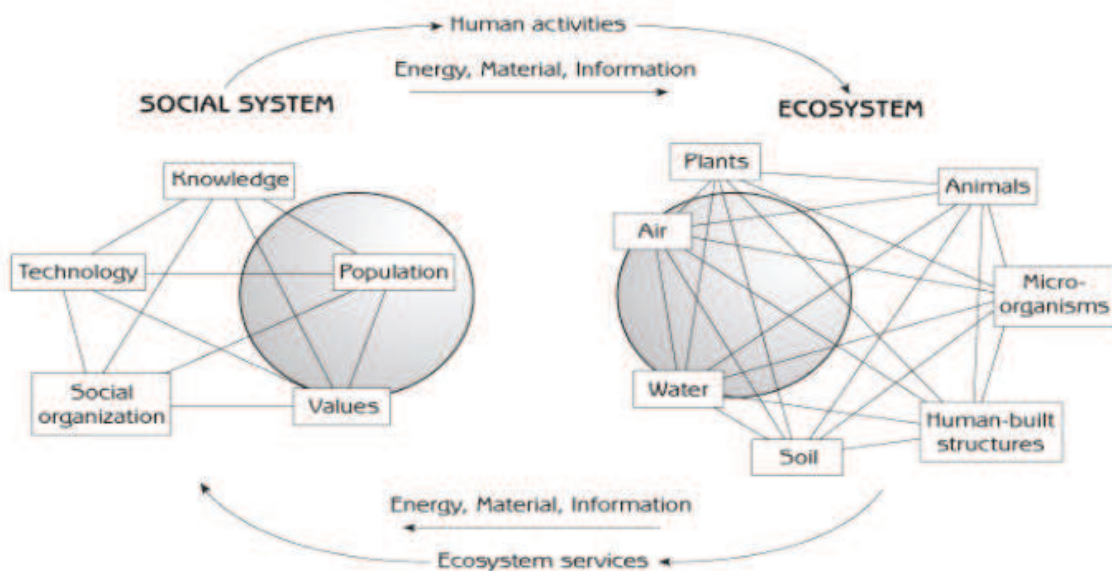


Fig. 2.2 Interacción entre el ecosistema y el sistema social humano (Marten, 2001).

En Marten, (2001), se explica que el sistema social es todo acerca de las personas, incluido nuestro comportamiento que impacta en el ecosistema en el cual habitamos. Los valores y conocimientos forman el camino para interpretar y procesar información que se traducen en acciones. La tecnología nos brinda un repertorio de posibles acciones, y las organizaciones sociales o instituciones sociales definen los comportamientos socialmente aceptables. Mientras que los ecosistemas proveen servicios al sistema social mediante el flujo de energía, materia e información para la misma subsistencia del humano.

Un desarrollo sustentable busca preservar las interacciones con el ecosistema que permitan mantener las funciones integrales del mismo para continuar proveyendo los recursos que necesitan el ser humano y todas las otras especies del ecosistema (Marten, 2001).

## **2.3 Movimientos urbanos sustentables en Norteamérica**

En esta sección se revisan algunos de los movimientos más sobresalientes de diseño urbano que forman parte de la evolución hacia el desarrollo sustentable para Norteamérica.

### **2.3.1 El nuevo urbanismo**

Durante el siglo XX las ideas de preservar espacios abiertos, promover una integridad ecológica en el uso de la tierra y agua en las ciudades fueron esparcidas (Wong & Yuen, 2011), contribuyendo al movimiento denominado como el nuevo urbanismo donde se integran y relacionan conceptos incluyendo la ecología, el diseño comunitario y la planeación hacia un ambiente habitable y caminable (ej. Howard, 1902).



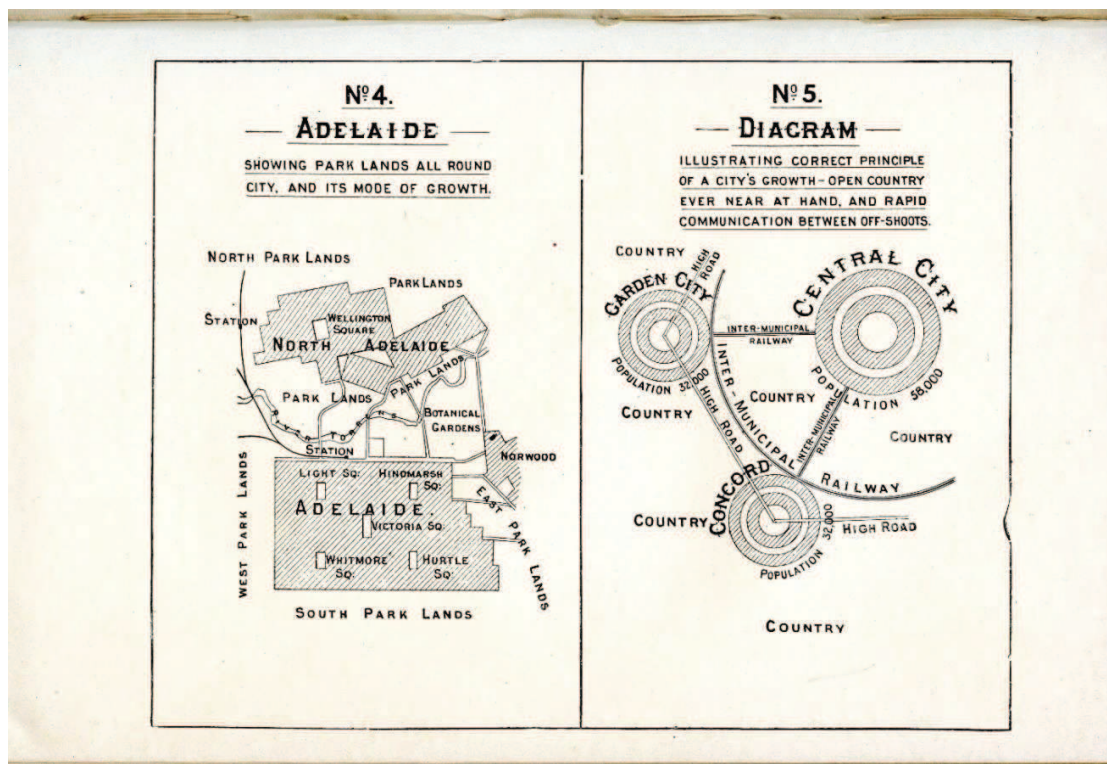


Fig. 2.3 Diagramas de metrópolis donde prevalecen los espacios naturales (Howard, 1902)

En 1980 emerge el nuevo urbanismo como una estrategia en el uso de la tierra para contrarrestar la sub-urbanización y la casi total dependencia del automóvil (Wong & Yuen, 2011), prevalecientes en el estilo de vida estadounidense, ya que después de la segunda guerra mundial se favoreció el desarrollo de esparcimiento urbano, en América del Norte (Ouellet, 2006).

Los puntos principales que rescata este movimiento son los siguientes: 1) El desarrollo más compacto y planificado a escala humana, es decir, una distancia entre centros y periferias de 400 m, el equivalente a 5 minutos de caminata, aproximadamente, 2) el desarrollo contiguo a la franja urbana debe ser organizado como vecindarios y municipios integrados a los patrones urbanos mientras que el desarrollo no contiguo debería ser

organizado como aldeas o pueblos con sus propios bordes urbanos que procuren el equilibrio entre áreas de trabajo y vivienda, evitando la dinámica de ciudades dormitorio, 3) los asentamientos urbanos deben respetar los patrones y precedentes históricos, 4) deben distribuirse viviendas asequibles para evitar concentraciones de pobreza, 5) debe evitarse la dependencia del automóvil y favorecer el transporte colectivo así como el uso de las bicicletas, 6) los recursos de la municipalidad deben repartirse equitativamente para coordinar el transporte, zonas recreativas, servicios públicos, viviendas e instituciones comunitarias y 7) se debe favorecerse la integración de actividades urbanas diversas (comercios, servicios, utilización del espacios públicos, casas-habitación, escuelas, etc.) (Congress of the new urbanism, 2001; Ouellet, 2006).

El nuevo urbanismo ha tenido un auge en los Estados Unidos para la planificación y desarrollo de las ciudades (Jepson & Edwards, 2010), por ejemplo, la construcción de *The high line* en Nueva York, proyecto que expandió los recursos de espacios verdes públicos y la interacción social de la ciudad. Sin embargo, este espacio ya forma parte de los destinos más populares y turísticos de la ciudad de Nueva York sin escapar de los procesos de gentrificación; ya que la creación de este tipo de espacios verdes impactan en los barrios donde se desarrollan, volviendo estos barrios estéticamente más atractivos con lo que también se pueden incrementar los costos de las viviendas y provocar el desplazamiento de sus residentes, generalmente hacia la periferia de la ciudad (Wolch et al., 2014). Esta dinámica no es del todo nueva, en el pasado muchos proyectos de parques, incluido el parque central de la ciudad de Nueva York, fueron diseñados para incrementar el valor de las tierras y abrir oportunidades de desarrollo (ibid; Cranz, 1982). En estas obras de espacios verdes urbanos se ausenta el principio de la distribución de

viviendas asequibles, propuesto en este movimiento, lo cual considero que se debería rescatar como política pública para evitar la gentrificación.



Fig. 2.4 High line, Nueva York (Photo: Beyon my ken)

Derivado del nuevo urbanismo se encuentra el movimiento de urbanismo verde, el cual se centra en la infraestructura, aspectos comunitarios y energéticos. El urbanismo verde también señala la necesidad de reducir considerablemente la huella ecológica<sup>3</sup> en las ciudades y de dirigirnos hacia una vida simple y ligera, sin embargo este movimiento es bastante vago en la plantación de sus objetivos (Beatley, 2000).

---

<sup>3</sup> Indicador utilizado para cuantificar y evaluar el impacto de las actividades humanas en los ecosistemas (Chokr, 2016).

### 2.3.2 Eco-ciudades

La reducción del tráfico y del efecto de isla de calor urbana, así como incentivar el uso de las energías renovables, azoteas verdes y el transporte público son elementos que resaltan en este movimiento (Wong & Yuen, 2011). Así mismo este movimiento afirma que el reciclaje, reducción y re-uso de materiales, incluyendo las tecnologías que protegen el medio ambiente deben implementarse en los métodos productivos (ibid.). La visión de este movimiento surge bajo un enfoque ecológico para el diseño urbano, el cual implica que las ciudades deben ser conceptualizadas como ecosistemas, donde circulan procesos físicos. Las actividades económicas y residuos de las mismas deben ser eficientemente manejadas para mantener la calidad del medio ambiente en las ciudades (ibid.).

El término de Eco-ciudad ha sido expuesto principalmente por el urbanista Richard Register en 1987, en el libro intitulado como: *Ecocity Berkeley: Building cities for a healthy future*. Donde algunas de las estrategias de manejo en la construcción de eco-ciudades son; incluir las construcciones verticales (construcciones hacia arriba) en vez de horizontales, desalentar el uso del automóvil, utilizar energías renovables, compactar las ciudades así como priorizar el transporte público para la conectividad entre ciudades. Los eco-barrios y eco-comunidades han surgido como movimientos similares a las eco-ciudades (Wong & Yuen, 2011). Esto ante la remarcada necesidad de descentralización y contención urbana en el manejo del crecimiento de las ciudades así como brindar espacios naturales dentro de las zonas urbanas (Howard, 1902). La ciudad de Montréal ofrece un ejemplo sobre el desarrollo de eco-barrios, ya que ha logrado implementar programas de acción ambiental que financian a organismos comunitarios encargados de

organizar actividades de mejoramiento ambiental en su colonia, como; la repartición de botes para la separación de desechos, plantación de árboles, talleres de educación ambiental, etc. (Ville de Montréal, s.f. a).

Los aspectos biológicos que pretenden cubrir las eco-ciudades son: mantener la diversidad en el ecosistema proporcionando la estabilidad ecológica, contar con grandes áreas naturales, las cuales son necesarias para el desarrollo de la biodiversidad, tomando en cuenta la capacidad de carga del ecosistema<sup>4</sup>, pues este último tiene un límite de materia biológica que puede ser soportada en un ambiente particular (Register, 1987; IEFS, 2016).

### **2.3.3 Smart city**

El concepto de ciudad inteligente (Smart city) enfatiza sobre las nuevas tecnologías de la información y telecomunicación que permitan responder diversas problemáticas ligadas a la red de transporte colectivo en las grandes ciudades, congestión de tránsito, gestión de residuos, gestión de infraestructura energética y del agua, y de telecomunicación (ITIS, 2012). La ciudad inteligente promete ser la versión más innovadora de la ciudad sustentable. Ya que esta combina la tecnología y la información con el objeto de mejorar la calidad de vida de sus habitantes y lograr un desarrollo sustentable (Daniel & Doran, 2013), reduciendo el costo energético y el impacto ambiental, por ejemplo; En la ciudad de Quebec, el equipo de limpieza de nieve para las

---

<sup>4</sup> Tamaño máximo poblacional de una especie determinada que puede ser soportado indefinidamente en un ambiente determinado, sin presentar daños permanentes, en un periodo determinado (Hui, 2006).

calles y autopistas ha sido proveído de GPS que permiten obtener información en tiempo real sobre los caminos a limpiar, las rutas optimas y las medidas de sal que deben de ser esparcidas. Esto aumenta la eficiencia en la limpieza de nieve de las calles, permitiendo una mejor movilidad urbana (ibid). Otro ejemplo, es la utilización de sensores para monitorear la calidad del agua y la presencia de peces en los ríos de la ciudad de Nueva York. (ibid.).

La ciudad de Montréal ha desarrollado una estrategia llamada *Montréal, ville intelligente et numérique, stratégie 2014 – 2017*, con la cual se han puesto en marcha 70 proyectos con la visión de desarrollar una ciudad inteligente (Bureau de la ville intelligente et numérique, s.f.).

La propuesta del desarrollo de ciudades inteligentes plantea una gobernanza transparente que favorezca la cooperación ciudadana para mejorar el ambiente en la ciudad, la creación de empleos sustentables, optimizar los sistemas de transporte por medio de nuevas tecnologías, utilizar los recursos naturales de forma sustentable protegiendo el ambiente natural, crear un ambiente seguro que integre componentes culturales, servicios a la salud y a la educación mejorando la calidad de vida y favoreciendo la cohesión social (Giffinger, s.f.).

La construcción de ciudades inteligentes también podría conllevar ciertas desventajas entre las que están: el aumento de desechos tecnológicos a causa de las nueva tecnología que reemplaza la actual; la brecha tecnológica aumenta, ya que no todas las ciudades pueden absorber los costos; la dependencia de compañías que ofrecen la implementación de estas tecnologías; los inmuebles encarecen ya que son más complejos; reducción de la intimidad del consumidos, ya que para lograr mayor eficiencia

se deben de observar los hábitos de los consumidores en todos sus aspectos y niveles, por ejemplo, esto es posible por medio de la generación de datos a través del internet (OVACEN, 2017).

Ante tales circunstancias, considero que valdría la pena de reflexionar un poco sobre la dependencia digital, que tan pertinente y necesaria puede ser la implementación de nueva tecnología, y el impacto que genera en nuestras vidas, como: la pérdida de capacidades, por ejemplo: los hipervínculos, señales acústicas de Whatsapp o de Facebook tienden a rebajar la concentración (Fernández, 2016).

Fernández, (2016), advierte que es necesario pensar previamente sobre las nuevas tecnologías a adoptar, y evitar la adopción de éstas de modo automático, ya que influyen en las nuevas organizaciones de convivencia y llegan a alterar los ritmos de la vida cotidiana. Fernández se cuestiona ¿Cómo podremos reconducir el espacio urbano hacia un habitar más humano mediante el uso de tecnologías digitales? (ibid.).

### **3. Adaptación climática en las ciudades a través de la infraestructura verde**

Por una parte, las áreas urbanas se enfrentan a retos provenientes del cambio climático como lo son; las sequías, inundaciones, olas de calor, entre otras amenazas para el ser humano. Por otra parte, el rol de la IVU en la ciudad ha cobrado importancia para lidiar con estos problemas, ya que ofrece un gran potencial para contribuir a la resiliencia de los ecosistemas y beneficiar a la humanidad por medio de los servicios que un ecosistema puede generar. Por ejemplo; ofreciendo comodidad térmica mediante la sombra de la vegetación y enfriamiento por evaporación, almacenamiento y filtración del agua, brinda a las personas la oportunidad de cosechar sus propios alimentos, la

biomasa puede almacenar carbón y esto contribuye a mitigar el cambio climático (Whitford et al., 2001; Demuzere et al., 2014).

La IVU se refiere a una red interconectada de espacios verdes que conservan el valor y funcionamiento de los ecosistemas naturales y provee beneficios a la población humana (Benedict & McMahon, 2002).

*“Green infrastructure is an interconnected network of green space that conserves natural ecosystem values and functions and provides associated benefits to human populations”* (Benedict & McMahon, 2002: 5).

En estudios recientes se ha demostrado que las características biofísicas de las áreas de vegetación (áreas verdes) en zonas urbanas ofrecen un potencial para ayudar a las ciudades en la adaptación al cambio climático (ej. Gill et al., 2007; Demuzere et al., 2014; Norton et al., 2015).

A continuación se presenta un modelo, propuesto por Demuzere et al., (2014), para conceptualizar las múltiples contribuciones de la IVU en la mitigación y adaptación al cambio climático:



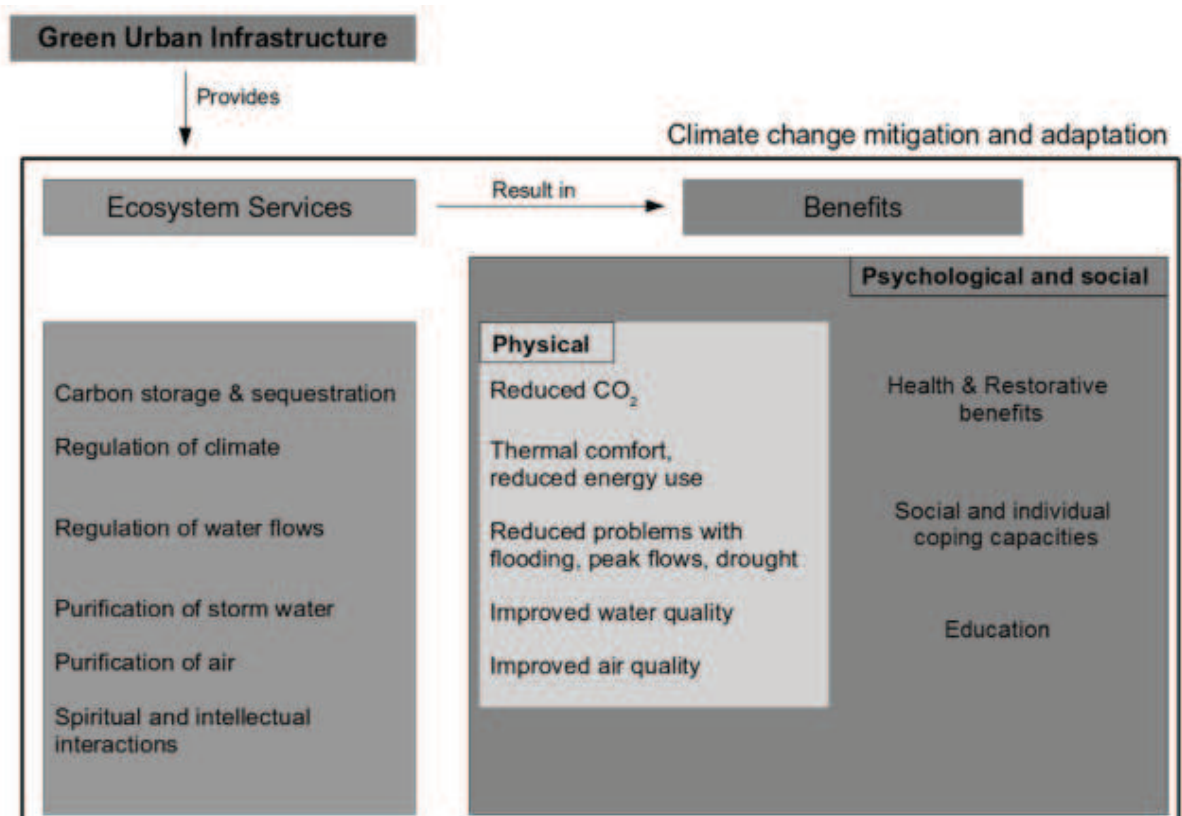


Fig. 3.1 Modelo conceptual sobre las contribuciones de IVU para la mitigación y adaptación al cambio climático (Demuzere et al., 2014).

En el modelo anterior la IVU provee servicios del ecosistema que se traducen en beneficios para el ser humano y que nos ayudan a lidiar con el cambio climático, integrando los beneficios físicos y sociales en un ambiente urbano. Alguno de estos servicios proveídos por el ecosistema son: la secuestración de carbono, la regulación del clima, regulación de inundaciones, purificación de las aguas pluviales, purificación del aire, así como la posibilidad de guardar interacciones espirituales e intelectuales.

Los beneficios resultantes de dichos servicios que benefician al ser humano pueden ser físicos como la reducción de CO<sub>2</sub>, confort térmico, reducción de inundaciones y sequias, mejoramiento en la calidad del agua y del aire. Por otra parte existen beneficios

psicológicos y sociales como beneficios en la salud, desarrollo de capacidades individuales y sociales, y en la educación.

### **3.1 Beneficios de la Infraestructura Verde Urbana para la adaptación al cambio climático**

Esta sección presenta algunos ejemplos de los beneficios de la IVU, que ya han sido anteriormente señalados siguiendo el modelo de Demuzere, et al., (2014).

#### **3.1.1 Reducción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)**

La IVU remueve el CO<sub>2</sub> directamente de la atmósfera vía la fotosíntesis que realizan las plantas y el secuestro de CO<sub>2</sub> que ocurre por debajo de la tierra y la biomasa (Demuzere et al., 2014). Varios estudios demuestran que la IVU puede ser eficiente en el almacenamiento de carbono (ej. Washbourne et al., 2012; Nordbo, et al., 2012). Por ejemplo; en Newcastle, en el Reino Unido, se demostró un alto potencial en la captura de carbono por medio de lotes vacantes, correspondientes a 10 ha, en la ciudad (Washbourne et al., 2012).

#### **3.1.2 Confort térmico y reducción del uso de energía**

Un ambiente urbano presenta características distintas a la de un ambiente rural, como; la alteración de la temperatura, o bien, la presencia de islas de calor por intercambios energéticos y cambios en la hidrología. Esto como resultado de las alteraciones en la superficie para la creación de áreas urbanas (Gill et al., 2007; Whitford et al., 2001).

La IVU puede reducir el uso de energía y al mismo tiempo proveer un confort térmico, a través de la sombra y evapotranspiración de la vegetación (Demuzere et al., 2014).

En Gill *et al.*, (2007), por ejemplo, se cuantificó el potencial de la IVU para moderar los impactos del cambio climático en la ciudad de Manchester, Reino Unido, donde se encontró que la implementación de azoteas verdes (con vegetación) en el centro de la ciudad provocó una diferencia de temperaturas de hasta 7.6 °C menos que las azoteas no verdes, lo que permite disminuir la utilización del aire acondicionado durante el verano. Por lo que consideran esta estrategia de azoteas verdes como efectiva para contrarrestar las altas temperaturas que se presentan principalmente como consecuencia del cambio climático. Los autores también mencionan que es irreal pensar en enverdecer todas las azoteas del centro de Manchester para reducir las altas temperaturas en verano. No obstante, se puede determinar qué tipo de acciones y en qué lugares son más pertinentes y benéficas para la adaptación al cambio climático. Los autores también proponen áreas críticas donde la IVU es necesaria, por ejemplo; la plantación de árboles en el centro de la ciudad, en escuelas y hospitales.

Además, se ha demostrado que el aumento de las temperaturas y de las precipitaciones, en zonas urbanas, inciden en el incremento de plagas o enfermedades, como es el caso del dengue (ej. Brunkard *et al.*, 2008), por lo que la implementación de IVU podría tener gran relevancia para el control de éstas, a través de la regulación de las temperaturas superficiales y la absorción de aguas pluviales.

### **3.1.3 Reducción de inundaciones y mejoras en la calidad del agua**

Las zonas urbanas presentan con frecuencia mayores deslaves e inundaciones que en las zonas naturales, ya que el almacenamiento y filtración del agua que se generan en los bosques contribuyen en la disminución de escurrimientos pluviales, mientras

que las zonas densamente urbanizadas tienden a bloquear la filtración del agua (Demuzere et al., 2014).

En Reino Unido, a través de un estudio realizado por Pauleit y Duhme, (2000), se encontró que las casas con jardín, en comparación con las casas sin jardín, presentan un potencial, tres veces mayor, para filtrar el agua que proviene de la lluvia y de esta forma evitar inundaciones. Por si esto fuera poco, también se ha encontrado evidencia de que la IVU mejora las características fisicoquímicas del agua, removiendo sólidos suspendidos, nutrientes, metales pesados e hidrocarburos (Davis et al., 2009).

Por otro lado, en un estudio, realizado en Carolina del Norte, en EE.UU. se determinó que las células de bioretención de la gramínea (césped) son capaces de actuar como depuradores de contaminantes del agua, ya que remueven el nitrato por encima del 33%, el fósforo por encima del 60% y las bacterias fecales hasta en un 100% (Passeport et al., 2009).

#### **3.1.4 Mejoras en la calidad del aire**

La IVU también absorbe materia de partículas contaminantes del aire, lo que genera un impacto positivo en la mitigación del cambio climático. Algunas de estas partículas contaminantes adicionalmente absorben luz, como el carbón negro (Demuzere et al., 2014).

En los Estados Unidos, han descubierto que existen bosques ancianos capaces de funcionar como trampas para los contaminantes del viento (Weathers et al., 2001). Sin embargo, la absorción de los contaminantes varía según el tipo de vegetación,

por ejemplo; las coníferas poseen una mayor capacidad para capturar partículas contaminantes que las especies que presentan hojas anchas (Freer-Smith et al., 2005).

Los muros verdes son otro ejemplo que ha demostrado ser eficaz en la reducción de partículas contaminantes en las calles, disminuyendo la concentración de estas partículas en 60% aprox. (Pugh et al., 2012).

El cambio climático y sus impactos en el ambiente urbano, como la generación de islas de calor pueden provocar la migración de especies, alterar la composición de especies y la abundancia de parásitos (Cameron et al., 2012). El desarrollo de IVU también se asocia con el control de comunidades de las especies, por ejemplo; en Manhattan, en la ciudad de Nueva York, los jardines soleados y abundantes en flores mantienen diversas comunidades de polinizadores que ayudan a mantener las funciones de los ecosistemas (Matteson & Langellotto, 2010).

La infraestructura verde también puede fomentar la realización de actividades físicas, así como la creatividad y comunicación entre las personas, lo que genera beneficios para la salud como; el mejoramiento de la presión arterial, menor frecuencia de enfermedades y mejorar las funciones cognitivas (Cameron et al., 2012).

Las áreas verdes desarrollan microclimas cuando su área es mayor a una hectárea (von Stulpnagel et al., 1990). Sin embargo el funcionamiento de la IVU depende de su locación, por lo que es necesario realizar una planeación estratégica en la implementación de esta infraestructura (Gill et al., 2007). Adicionalmente, se debe de incentivar la creatividad, que se traduzca en mayores oportunidades para todos. Por

ejemplo; a través de azoteas verdes, muros verdes en las fachadas de edificios, caminos vegetados, etc. Dando prioridad a las zonas que presentan mayor población vulnerable a los impactos del cambio climático (ibid.). Los proyectos ambientales para mitigar el cambio climático y con miras hacia la sustentabilidad urbana deben también ser vinculados a la justicia ambiental, la cual evoca una distribución equitativa de los beneficios ambientales en la sociedad, evitando, por ejemplo, procesos de gentrificación (Pearsall, 2010).

#### **4. Ejemplos de Infraestructura Verde Urbana contra la vulnerabilidad al cambio climático en ciudades de América del Norte**

Las ciudades son complejas en sus interacciones y tienen necesidades distintas. Por lo cual, determinar qué tipo de IVU, medidas y acción para la adaptación al cambio climático depende de la situación particular de cada ciudad. En esta sección se proponen 3 casos de estudio, como ejemplos de implementación de IVU para reducir vulnerabilidades y funcionar como estrategias de adaptación al cambio climático, en tres metrópolis de gran relevancia para la región de América del norte y que han sufrido grandes procesos de urbanización y fuertes calamidades climatológicas.

##### **4.1 Caso de estudio 1: Filadelfia, Estados Unidos**

###### **4.1.1 Problemática climatológica**

El área metropolitana de Filadelfia cuenta con cerca de 1, 547 607 habitantes (EPA, 2017) y ha sido una zona dominada por ciclones tropicales, siendo fuertemente impactada por inundaciones extremas, debido a tormentas como Allison la cual produjo más de 300mm de acumulación de aguas pluviales en menos de 12 horas, cobrando 8

víctimas, en junio de 2001 (Javier et al., 2010). Los remanentes de Allison se distribuyeron en tres cuencas principales de la ciudad, Penny-park creek, Little Neshaminy creek y Wissahickon creek, provocando pérdidas materiales (ibid.).

Otro ejemplo, es el caso del huracán Floyd, el cual produjo más de 150mm de acumulación de aguas torrenciales en la ciudad, en septiembre de 1999. Además, en 1996 dos tormentas extremas, en 2004 el huracán Jeanne, en 2003 el huracán Isabel, han generado grandes daños materiales en esta misma área (ibid.).

Por otra parte, Filadelfia presenta eventos extremos de calor, que son generados por masas de aire caliente (Uejio et al., 2011). A pesar de los avances en los pronósticos meteorológicos y el extenso uso del aire acondicionado, el calor extremo continúa siendo una amenaza para la salud humana (ibid.).

En años recientes, los eventos extremos de calor han cobrado más víctimas que cualquier otra amenaza climática, en los Estados Unidos, donde 600 a 1800 muertes por año son asociadas a estos eventos (CDC, 2006; Karl, et al., 2009; Uejio, et al., 2011). Los factores sociales, como la migración hacia la ciudad que ha generado un rápido crecimiento urbano con altas tasas de población, contribuyen también al efecto de isla de calor (Basu & Samet, 2002; Rey, et al., 2009; Stone & Frumkin, 2010).

Filadelfia posee un clima húmedo subtropical, según la clasificación de Koppen, con calurosos y húmedos veranos (weatherbase, 2016), donde los eventos extremos de calor han sido asociados con altas tasas de mortalidad durante décadas, esta ciudad es una de las ciudades americanas donde más eventos extremos de calor se han observado (Uejio et al., 2011). Estudios recientes mencionan que las tasas de mortalidad asociadas al calor extremo no son exclusivamente ligadas a la exposición al calor, sino también a

poblaciones vulnerables (ej. Ancianos, personas en situación de pobreza, etc.), generalmente donde se encuentran estas poblaciones socialmente vulnerables también existe un riesgo mayor de afectación al calor extremo (Rey, et al., 2009; Uejio, et al., 2011). Por ejemplo, en un estudio conducido por Hondula, et al. (2012), de 1983-2008, ellos muestran que la relación de mortalidad con eventos extremos de calor es estadísticamente significativa y elevada en la región oeste-central de Filadelfia, donde existen altos porcentajes de población anciana, residentes con bajos niveles de ingresos, alta densidad de zonas residenciales, altas temperaturas de las superficies, y más zonas recreacionales comparadas con el resto de la ciudad.

El gobierno local de Filadelfia, por su parte, ha implementado estrategias como la de alertas tempranas de olas de calor y tormentas y proyectos de plantación de árboles, techos verdes, entre otros. Estos esfuerzos estiman tener el suficiente potencial para contrarrestar los efectos del cambio climático como lo son las inundaciones y el calentamiento urbano (ej. Mayor's Office of Sustainability and ICF International, 2015).

#### **4.1.2 Programa Green City, Clean Waters**

En el año 2011, la ciudad de Filadelfia adoptó el programa denominado Green City, Clean Waters (GCCW), con un periodo de implementación de 25 años (Philadelphia water department, 2011). El departamento de agua de Filadelfia ha calculado que invertirá \$1.2 billones de dólares en IVU para el tratamiento de aguas pluviales durante el periodo de vida de este programa (Econsult solutions, 2016); ello es un ejemplo de intervención de transformación urbana con miras a mejorar los servicios ambientales, que busca transformar los sistemas convencionales de tratamiento de aguas pluviales en sistemas urbanos de drenaje sostenible, permitiendo así la reducción de cargas de aguas pluviales



en las alcantarillas y evitando inundaciones (Philadelphia water department, s.f.). Este programa prevé la generación de jardines de lluvia, jardineras, azoteas verdes y plantación de árboles-trinchera (ver figura 4.2) que filtran el agua reduciendo los contaminantes que entran a los sistemas de saneamiento, al mismo tiempo que reducen la absorción del calor y conservan microespacios de biodiversidad (ibid.). En estos jardines por ejemplo, se pueden generar hábitats para pequeños polinizadores que ayudan a mantener las funciones de un ecosistema y pueden incrementar los rendimientos de cultivos urbanos (Matteson & Langellotto, 2010). Asimismo este proyecto propone contribuir con la creación de un ambiente más agradable en los barrios y escuelas a través del reverdecimiento de espacios públicos. Actualmente, la ciudad de Filadelfia cuenta con 54 jardines de lluvia, 66 jardineras, 1 azotea verde y 194 plantaciones de árboles-trinchera entre sus espacios públicos, a través de la implementación del programa GCCW (Econsult solutions, 2016). Cabe mencionar que el tratamiento de las aguas pluviales en este programa también se realiza mediante la combinación de IVU y la infraestructura gris o convencional (ej. cuencas subterráneas, cisternas, barriles para la recolecta de agua de lluvia y tanques subterráneos). La implementación de este programa en áreas públicas ha dado prioridad a las zonas de bajo nivel socioeconómico de la ciudad (ibid.)

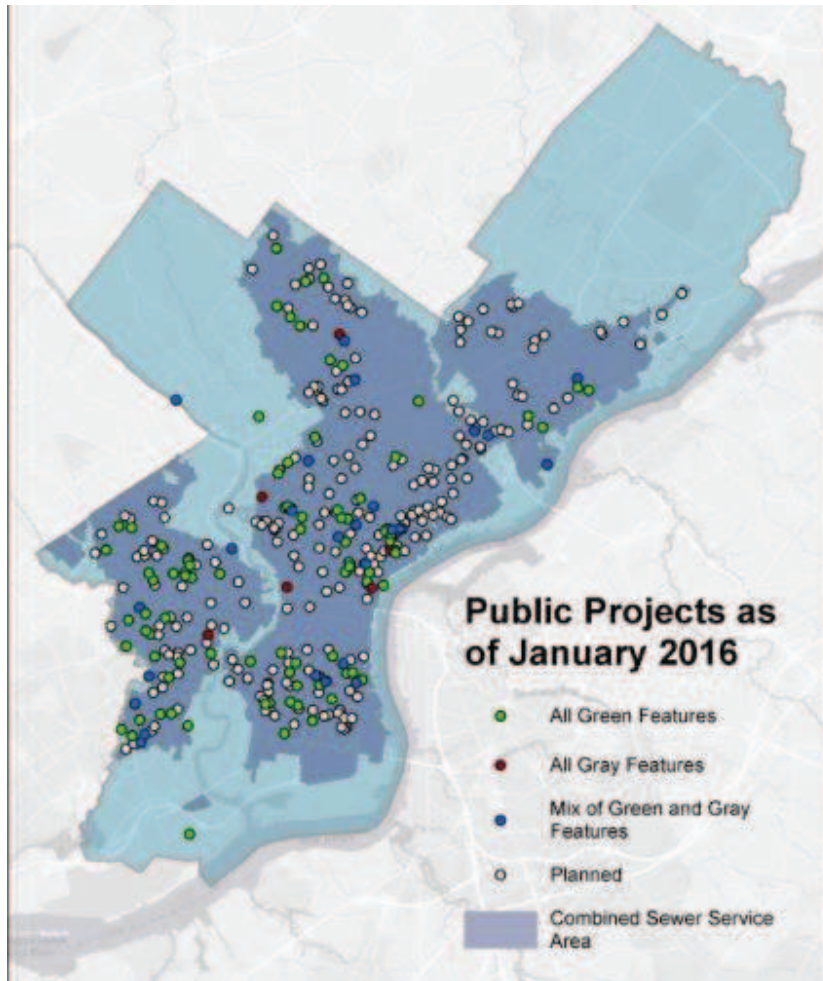


Fig. 4.1 Proyectos de infraestructura pública para manejo de aguas pluviales bajo el programa GCCW, en Filadelfia, 2016 (Econsult solutions, 2016).

Los árboles, jardines, jardineras y azoteas verdes posibilitan la infiltración, evaporación y filtración del agua, permitiendo el manejo de aguas pluviales, al mismo tiempo que reducen inundaciones y posibilitan el confort térmico. Primero, las hojas de las plantas, árboles y flores capturan gotas de lluvia antes de que toquen el suelo, y éstas pueden evaporarse fácilmente; el agua que llega a hacer contacto con la superficie del suelo se infiltra llegando a las raíces de las plantas y, posteriormente, permite la evapotranspiración a través de las hojas. Además, las plantas y el suelo ayudan en la

filtración del agua de lluvia, esta IVU no solo es viable para las áreas públicas sino también para áreas de propiedad privada (Philadelphia water department, s.f.), con esta IVU se pretende reducir el impacto de las alteraciones climáticas sobre la población y al mismo tiempo contribuir al desarrollo sustentable de la ciudad bajo la lógica del movimiento urbano de Eco-ciudad.



Fig. 4.2 Visión de las herramientas de infraestructura verde para el manejo de aguas pluviales en los barrios de Filadelfia (Philadelphia water department, s.f.).

A continuación se describen las herramientas para el manejo de aguas pluviales del programa;

- Árboles-trinchera:

Los árboles-trinchera son un sistema de árboles conectados por una estructura de infiltración subterránea en las calles de la ciudad (ver figura 4.3). El sistema se compone

de una trinchera subterránea a lo largo de la acera que se rellena con piedras y grava, encima de ella se agrega una capa de tierra sobre la que se colocan los árboles. Cuando el agua escurre, se almacena en los espacios entre las piedras, lo cual permite que se vaya infiltrando hacia el fondo. En caso de que se exceda la capacidad del sistema, el agua fluye hacia el drenaje (ibid.).



Fig. 4.3 Árboles-trinchera (Philadelphia water department, 2011).

- Jardineras:

En las jardineras se han implementado algunas entradas o cortes en sus bordes para permitir que el agua escurra hacia la zona vegetada donde puede ser almacenada, infiltrada y absorbida por las plantas. La vegetación que se encuentra en estas jardineras públicas debe ser vegetación nativa pues ella se adaptada mejor al medioambiente, también debe ser lo suficientemente baja para que permita la visibilidad de las señales

de tránsito y una vista panorámica del tráfico. Un tipo de jardinera es la que sobresale de la acera y forma una protuberancia curva en la calle que reduce la distancia entre las aceras (ver figura 4.4), apacigua el tráfico y da una sensación de seguridad a los peatones (Philadelphia water department, s.f.).



Fig. 4.4 Jardinera con protuberancia hacia la calle (Philadelphia water department, s.f.).

Se instalan también en las aceras jardineras normalmente rectangulares, con sus cuatro lados de concreto (ver figura 4.5); en ellas las plantas se revisten con un tejido permeable y se agraga grava, piedras y una cubierta de tierra sobre la que se planta la vegetación. El suelo de las jardineras es más bajo que el de la acera y si el agua se desborda se deriva a las tuberías de alcantarillado (ibid.).



Fig. 4.5 Jardinera de acera (Philadelphia water department, s.f.).

- Azoteas verdes:

La azotea verde es un techo o parte de un techo con vegetación (ver figura 4.6) compuesto por múltiples capas incluyendo; una capa de impermeabilización, de drenaje, ingeniería de plantación y plantas especialmente seleccionadas. Existe la azotea verde de tipo extensiva e intensiva, la extensiva es un sistema ligero y angosto menor a 15 cm. con plantas suculentas y tolerantes a las sequías, mientras que la intensiva es más profunda y pesada diseñada para sostener un jardín más complejo. Estas azoteas son efectivas para reducir el volumen y velocidad del escurrimiento de aguas pluviales de los techos, ya que almacenan temporalmente las aguas pluviales, posibilitan el proceso de evapotranspiración y frenan el exceso de flujo de agua hacia el alcantarillado (Philadelphia water department, 2011).



Fig. 4.6 Azoteas verdes (Philadelphia water department, s.f.).

- Jardines de lluvia:

Un jardín de lluvia es aquel diseñado para coleccionar el agua que escurre de los techos, caminos y estacionamientos por medio de la infiltración del agua en el suelo (ver figura 4.7). Este jardín presenta una moderada depresión donde se agrega una capa de piedras, permitiendo la retención del agua. La vegetación puede utilizar el agua que queda en la superficie mediante evapotranspiración.



Fig. 4.7 Jardín de lluvia (Philadelphia water department, s.f.).

Estos jardines son efectivos para remover contaminantes y reducir el volumen de las aguas pluviales (ibid.). Adicionalmente, se han implementado otras herramientas en espacios privados para el manejo del agua de lluvia, como el pavimento permeable que permite la infiltración del agua, barriles para recolectar agua de lluvia y pequeñas jardineras con conexión al techo para permitir el flujo del agua del techo a las plantas de manera directa (ibid.) (ver figura 4.8).



Fig. 4.8 Herramientas adicionales para el manejo de aguas pluviales (Philadelphia water department, s.f.).

Además, desde el 2008, entre los avances hacia el reverdecimiento de la ciudad de Filadelfia se encuentran 581 acres añadidos en espacios vegetados, para el manejo de aguas pluviales, 157 acres en espacios abiertos y la plantación de 120, 388 nuevos árboles que podrían brindar una regulación de la temperatura urbana, entre otros beneficios (Free & Wu, 2015).

El programa GCCW se ha basado en la identificación de tres grandes beneficios; el económico, el ambiental y el de equidad (Econsult solutions, 2016), los cuales se muestran en el siguiente cuadro:



Beneficio Económico	Beneficio ambiental	Beneficio de equidad
La IVU provee un enfoque asequible para la ciudad de Filadelfia, permitiendo la circulación de dinero hacia la comunidad de negocios locales e incrementando el valor de las propiedades (ej. Por cercanía a un parque).	La IVU es menos intensiva en la utilización de energía (tanto en su instalación como mantenimiento) que la infraestructura convencional para el manejo de aguas pluviales urbanas. Provee mejoras en la calidad del agua y del aire, así como del hábitat, reduce la huella de carbono, produce un efecto regulador de temperaturas, puede ayudar en el control de plagas y refuerza la adaptabilidad y resiliencia ante el cambio climático.	La IVU crea beneficios a nivel barrial, incrementando las oportunidades de empleo, mejora el aprovechamiento de espacios recreativos y mejora la estética de los barrios, lo que puede generar un incremento en la calidad de vida de las personas.

Cuadro 4.1 Tres grandes beneficios del programa Green City, Clean Waters (Econsult solutions, 2016).

- Impacto económico:

La rentabilidad calculada de este proyecto es de \$3.1 billones de USD que impactaran en la economía de la ciudad de Filadelfia (Econsult solutions, 2016).

Actualmente la industria local de IVU para manejo de las aguas pluviales genera un impacto anual en la economía de \$57 millones USD, mantenido 430 trabajos locales en la ciudad y se espera que esta cifra incremente a 1,000 trabajos por año. El gobierno de la ciudad de Filadelfia recauda cerca de \$860,000 USD de impuesto al año, provenientes de estas operaciones (ibid.). Esta infraestructura también ha significado mejoras en los barrios, incrementando el valor de las propiedades hasta en un 10% e impactando positivamente en los niveles de inversión privada (ibid.).

- Impacto ambiental:

La IVU reduce inundaciones, ayuda a regular las temperaturas superficiales, reduce los efectos negativos de plagas en la ciudad, entre otros servicios ambientales (ibid.).

- Impacto sobre la equidad social:

La mayoría de la IVU para manejo de aguas pluviales del programa GCCW se encuentra en barrios donde la población percibe ingresos relativamente bajos y muy poca de esta infraestructura se encuentra en barrios de ingresos altos (ibid.). Esta infraestructura ha ayudado en el embellecimiento de barrios y espacios recreativos (ibid.).

Adicionalmente, el departamento del agua de Filadelfia ha trabajado con la compañía de transportes públicos de Pennsylvania (SEPTA) para la instalación de IVU en propiedades de SEPTA, lo que ha resultado en una reducción de costos de instalación y ha permitido el aprovechamiento de fondos adicionales para el programa GCCW (ibid.).

El departamento de agua de Filadelfia también ha aplicado otras iniciativas para reducir las superficies impermeables en la ciudad, como manejar cuotas de manera proporcional al tamaño de las propiedades y de la superficie impermeable. Las propiedades con una mayor proporción de superficie impermeable pagan mayores cuotas que las propiedades que reduzcan su superficie impermeable. Existen dos tipos de tarifas: la cuota por tamaño del área, de la propiedad (\$0.59 USD por 47 m<sup>2</sup>), y la cuota por área impermeable (\$4.75 USD por 47 m<sup>2</sup>), pero esta última cuota puede ser ajustada si existe una reducción del área impermeable (ibid.).

Otro ejemplo de estas iniciativas son las donaciones a dueños de propiedades no residenciales que deseen construir proyectos de infraestructura verde para aguas

pluviales (ej. programa SMIP y GARP), la ciudad también ofrece créditos para los negocios que desean reacondicionar sus techos, transformándolos en azoteas verdes (ibid.).

#### **4.1.3 Marco legal para la introducción de Infraestructura Verde en Filadelfia**

Con la aprobación de la Ley del Agua Limpia (CWA por sus siglas en inglés), en Estados Unidos, se creó un marco regulatorio para establecer estándares sobre la calidad del agua en 1948 (EPA, 2017), lo que forzó a las industrias y municipalidades - entre otros sectores- a implementar programas para el control de los contaminantes en el agua (Philadelphia water department, s.f.).

Por otra parte, la ley 167 de manejo de aguas pluviales de 1978, estableció que cada condado de Pennsylvania debe adoptar un plan de manejo de aguas pluviales para cada cuenca, planificando el escurrimiento de aguas pluviales en asociación con los posibles cambios en el uso de tierras, donde el objetivo es restaurar y mantener la integridad biológica, física y química de las aguas para dicha nación (ibid.).

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés) ha apoyado a las ciudades estadounidenses para que reduzcan la frecuencia de desbordamientos del alcantarillado, satisfaciendo la CWA (EPA, 2017). La IVU es un enfoque que ha ganado popularidad entre los acuerdos de la EPA para reducir los desbordamientos del alcantarillado en las ciudades estadounidenses, incluida la ciudad de Filadelfia en 2007. A través del departamento de agua de la ciudad de Filadelfia la IVU se ha implementado de manera intensiva para el manejo de aguas pluviales por medio del programa GCCW.

#### 4.1.4 Recomendaciones

Existen aspectos que se deberían considerar en la implementación de la IVU en Filadelfia, como el desarrollo de herramientas que permitan la toma de decisiones encaminada hacia la reducción de desigualdades sociales, por ejemplo un índice de equidad que puede identificar comunidades donde el desarrollo de la IVU es crítico para lograr mayor equidad en la planeación de esta infraestructura. Así, a través de programas de IVU se pueden proveer oportunidades dirigidas hacia empoderar las comunidades marginadas (Heckert & Rosan, 2016) e incrementar las capacidades adaptativas de estas comunidades para lidiar con el cambio climático (ej. Sampson, et al., 2013). Sin embargo, vincular políticas para evitar procesos de gentrificación, que pueden ser resultado de la implementación de IVU, también son necesarias en las estrategias de instalación de esta infraestructura (ej. Pearsall, 2010).

Por otra parte, a pesar de que los eventos extremos de calor representan una gran amenaza a la salud pública en la ciudad de Filadelfia, el enfoque sobre la instalación de IVU en la ciudad se ha dirigido principalmente al manejo de las aguas pluviales y no a mitigar eventos de calor extremo (Pearsall, 2017). Al respecto, Pearsall, (2017), menciona que considerar los terrenos baldíos como oportunidades de redesarrollo e inversión a largo plazo para la generación de espacios verdes que mitiguen el calor urbano - sobre todo en los barrios económicamente y socialmente más vulnerables- podría significar un gran acierto para la ciudad de Filadelfia. Estos terrenos baldíos podrían tener un valioso potencial en la generación de espacios verdes ya que la ciudad de Filadelfia cuenta con entre 30,000 a 40,000 lotes baldíos y la mayoría de estos lotes se encuentra en barrios socialmente vulnerables (ibid.).

Además, los impactos en la salud y seguridad pública son aspectos que se deberían considerar para la implementación de los programas de IVU, ya que estos factores por lo general no son incluido dentro de los análisis costo-beneficio de la IVU (Kondor et al., 2015).

## **4.2 Caso de estudio 2: Ciudad de México, México**

### **4.2.1 Problemática climatológica**

Las afectaciones por el cambio climático impactan de forma severa a México, por una parte, a causa de su orografía, el deterioro ambiental y el manejo de recursos naturales, y por otra parte, a causa de la vulnerabilidad social y políticas gubernamentales que dificultan la prevención ante eventos extremos, y frecuentemente convierten dichos eventos en desastres (Spring, 2010).

En la ciudad de México las inundaciones y sequías son problemáticas que se han agravado con el crecimiento de la densidad poblacional y la expansión urbana, pero también como consecuencia, principalmente, de la ausencia de un adecuado manejo de las aguas pluviales (Sheinbaum, 2008; Camarena, 2010; Escolero et al., 2016).

La ciudad de México se ubica a una elevación media de 2240 msnm, con una temperatura promedio anual de 15°C, en una cuenca cerrada de 9739 km<sup>2</sup> de extensión territorial, rodeada de cadenas montañosas volcánicas (Sheinbaum, 2008; Escolero et al., 2016). Su clima se considera como templado con lluvias en verano, ya que presenta dos estaciones al año, la de lluvias en verano y la de secas el resto del año (CONAFOVI, 2005). La región presenta la más baja disponibilidad de agua per cápita y la densidad poblacional más alta del país (8.72 millones de personas aprox.) (Escolero et al., 2016).

La creciente demanda de agua en la ciudad impacta de forma negativa en sus cuencas y acuíferos, y también en los de las regiones aledañas, causando un deterioro ambiental para estas áreas de captación de agua. Por otro lado, se ha generado una extracción intensiva de agua subterránea que genera hundimientos en el terreno (ibid.).

En León y Neri, (2010), se considera a las zonas de toda la periferia del área metropolitana de la ciudad de México como poblaciones altamente vulnerables ante los perjuicios provocados por el cambio climático, principalmente aquellas que se ubican hacia el norte y el oriente; generalmente son zonas donde se han establecido asentamientos ilegales, carecen de servicios públicos y presentan bajos niveles de desarrollo e ingresos. Mientras que las poblaciones con baja vulnerabilidad se ubican en las delegaciones centrales de la ciudad (Cuauhtémoc, Benito Juárez, Coyoacán, Venustiano Carranza y Miguel Hidalgo), zonas que cuentan con mayores recursos.

Los eventos extremos de precipitación han mantenido una baja probabilidad de ocurrencia, pero estos pueden generar un alto impacto social y económico. Por ello el que ocurran pocas veces no disminuye el riesgo, sino por el contrario, el exceso de confianza de que no ocurran estos eventos puede generar un aumento de la vulnerabilidad para la población de la ciudad de México. Más aun, los pronósticos indican una tendencia al incremento de las precipitaciones diarias, sobre todo en la zona poniente de la ciudad de México, donde la intensidad de las lluvias rebasa los 20mm/día provocando inestabilidad en laderas y deslaves (León y Neri, 2010).

Por otra parte, la contaminación del aire de la ciudad de México proviene principalmente de la quema de combustibles como la que es generada por los autos, de la evaporación de sustancias, de procesos industriales, de la descomposición de materia orgánica, de

la erosión de suelos, entre otros, provocando efectos nocivos para la salud agravando las enfermedades respiratorias, particularmente en grupos sensibles, como los asmáticos (Sheinbaum, 2008). Aunado a esto, en la zona metropolitana del Valle de México, se ha encontrado una correlación positiva entre el incremento de las tasas de mortalidad infantil y la contaminación atmosférica (Bell et al., 2006; Camacho y Flamand, 2008).

La presencia de islas de calor también es un fenómeno que se ha hecho evidente en la ciudad, el cual se genera principalmente en el centro de la ciudad debido a un denso tejido urbano con pocas áreas verdes, lo que llega a afectar a niños y ancianos, los grupos más vulnerables de la población. Como consecuencia del proceso de urbanización, se han producido cambios en la temperatura de entre 2°C y 3°C, en los últimos treinta años, para el valle de México, haciendo la ciudad más caliente de lo que era en los años sesenta y aproximadamente 4°C más de lo que era a principios del siglo pasado (León y Neri, 2010).

La ciudad de México mantiene un interés por transitar hacia un modelo de ciudad compacta y menos densa, como lo ha remarcado el movimiento del Nuevo urbanismo, fomentando la sustentabilidad urbana a través de estrategias que son puestas en marcha por el gobierno local para mejorar la calidad del aire, implementar alternativas de movilidad, implementar sistemas de tratamiento de aguas y residuos sólidos (Chávez, 2007; Diez de Bonilla, 2007; Sheinbaum, 2008). Pero también se han gestionado proyectos para estabilizar la salud del medioambiente, como el que se presenta a continuación.

#### 4.2.2 Reserva ecológica del Pedregal de San Ángel. Una reserva ecológica urbana

En la ciudad de México existe la Reserva Ecológica urbana del Pedregal de San Ángel (REPSA), la cual es un caso ejemplar de cuidado ambiental en la ciudad. Esta reserva se encuentra dentro de los límites de la Ciudad Universitaria, presenta zonas de amortiguamiento que permiten reducir los impactos de perturbaciones causadas por el hombre, preservando la diversidad ecológica. Este espacio es administrado por científicos y personal de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (Camarena, 2010).



Fig. 4.9 Vista panorámica de REPSA.

La reserva ha fungido un papel importante para la investigación sobre especies endémicas, programas de educación ambiental, rescate y cuidado de especies, como espacio recreativo, conservación del paisaje del pedregal, que prácticamente ha desaparecido de la cuenca de México, recarga de acuíferos, calidad del aire y como regulador de temperaturas (Camarena, 2010; SEREPSA, 2013).



La REPSA se encuentra al sur de la ciudad de México, colindando con centros de investigación y facultades de Ciudad Universitaria. Esta reserva cuenta con 237 ha. que conservan la naturaleza creada a partir de la erupción del volcán Xitle, compuesta por sustrato rocoso, el cual no es susceptible de inundaciones o de la desecación extrema, donde se encuentra el matorral xerófilo, elemento fundamental para el paisaje del pedregal y que desafortunadamente fuera del área de la REPSA no está protegido. El área del Pedregal de San Ángel se originó con un derrame de lava volcánica de 80 km<sup>2</sup>, esta área se encuentra delimitada por las delegaciones de Tlalpan, Coyoacán y Álvaro Obregón (SEREPSA, 2008; SEREPSA, 2013).



Fig. 4.10 Fotografía área del Pedregal de San Ángel (SEREPSA, 2008).



Fig. 4.11 Polígono del pedregal dentro de la zona metropolitana de la Ciudad de México (Suárez et al., 2011).

Los objetivos de REPSA son:

- Conservar al ecosistema del pedregal ubicado dentro de la Ciudad Universitaria,
- Investigar sobre su funcionamiento ecológico y social,
- Apoyar a la docencia, ya que funciona como un espacio de aproximación al entorno natural,
- Divulgar el conocimiento que allí se genera (SEREPSA, 2013).

La REPSA incide en la calidad de vida de los habitantes del sur de la ciudad de México, brindándoles beneficios ambientales como: la captación de agua y recarga de mantos acuíferos, y el mantenimiento de la humedad y calidad del aire (SEREPSA, 2008). En el

siguiente cuadro se presentan elementos de gran valor del ecosistema del pedregal que son generados en la REPSA.

Cuadro 1. Valor del ecosistema del Pedregal	
Situación geográfica	Prosperan especies provenientes de distintas regiones biogeográficas: neotropical y neártica.
Heterogeneidad ambiental	Florece especies del desierto, de las montañas y del valle o cuenca de México.
Topografía volcánica	Generó diferentes microambientes que hospedan a especies con diversos requerimientos ambientales.
Laboratorio natural	Observación del cambio en el espacio y el tiempo en sólo 2000 años lo convierten en un sitio dinámico que ilustra procesos de evolución y sucesión ecológica.
Paisaje	La corriente de lava constituyó una isla de piedra de múltiples formas, marcada por perfiles rocosos abruptos.
Servicios ambientales	Isla térmica, amortiguadora de contaminantes y ruido; alimentadora de los mantos freáticos de la ciudad.

Cuadro 4.2 Valor del ecosistema del Pedregal (SEREPSA, 2008).

- Rescate del paisaje del Pedregal de San Ángel:

Las plantas del matorral Xerófilo del pedregal de San Ángel son idóneas en el diseño de jardines en el área de pedregales, al sur de la ciudad, ya que estos organismos han logrado sobrevivir en extremas condiciones, lo que garantiza su permanencia. Además la utilización de estas plantas significa un ahorro en la cantidad de recursos y agua para su establecimiento y manejo, aportando diversidad biológica y calidad estética en las áreas verdes (con vegetación) urbanas. Las plantas crasas, como los cactus y las echeverias, resultan muy recomendables para la vegetación en azoteas y jardineras, ya que son plantas adaptadas a la sequedad y no requieren de riego constantemente, además se adaptan a condiciones de estrés y contaminación (Camarena, 2010).



Fig. 4.12 *Echeveria gibbiflora*, oreja de burro (Camarena, 2010).



Fig. 4.13 Jardín típico del paisaje del pedregal en Ciudad Universitaria con afloramientos rocosos (Camarena, 2010).

A través del programa integral de manejo de las áreas verdes de Ciudad Universitaria se ha podido corroborar el éxito que las plantas nativas del pedregal tienen al no requerir más que el agua de las lluvias en verano para su establecimiento, además estas áreas verdes funcionan como zonas de amortiguamiento ante los disturbios que podrían significar grandes impactos para REPSA (Camarena, 2010). Además, recientemente, se han realizado proyectos de rescate de áreas verdes y asesorías para la recuperación del

afloramiento rocoso y reintroducción de vegetación nativa en el Parque Huayamilpas y el Museo Anahuacalli en la delegación Coyoacán, así como en el predio los Encinos y la Universidad Pedagógica Nacional en la delegación Tlalpan (Camarena, 2010).

- Programa de Adopción de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel:

El Programa de Adopción de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (PROREPSA) es una iniciativa de la Secretaría Ejecutiva de la REPSA (SEREPSA), que desde el año 2007 ha invitado a las dependencias aledañas a la REPSA a participar en la conservación y manejo de las áreas silvestres que se encuentran a sus alrededores, a través, por ejemplo, del trabajo coordinado para la sustitución de plantas exóticas por flora nativa en las jardineras, con el objeto de reducir los insumos para estas áreas, abatiendo el consumo de agua para el riego y asegurando la protección y conservación de especies nativas (SEREPSA, 2008). Este programa busca:

- Un ahorro importante en el gasto de agua,
- Disminuir los costos de mantenimiento,
- La capacitación del personal para una nueva forma de hacer jardinería,
- La integración de áreas verdes que sirvan como zonas de amortiguamiento y hábitat para las especies nativas de la REPSA (Camarena, 2010).

Hoy en día existen 10 dependencias que han adoptado el programa de forma voluntaria, elaborando su propio plan de acción para realizar actividades de limpieza, control de maleza, rescate y salvamento de seres vivos, actividades de educación ambiental, restauración ecológica, entre otras (SEREPSA, 2008; Camarena, 2010).



Fig. 4.14 Rehabilitación ecológica en las áreas verdes de la Facultad de Ciencias de la UNAM (SEREPSA, 2008).

#### **4.2.3 Marco legal para la protección de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel**

En 1946 se integran los terrenos del pedregal a la comisión de Ciudad Universitaria. Posteriormente, en 1983, debido a una drástica reducción del pedregal causada por el crecimiento urbano, se establece REPSA como una zona ecológica inafectable, bajo la protección de la UNAM. REPSA representa un patrimonio natural Universitario y por lo tanto un patrimonio de la sociedad mexicana (Camarena, 2010; SEREPSA, 2008).

En México el principal instrumento de política ambiental para la conservación de la biodiversidad son las Áreas Protegidas. En estas áreas se encuentran ecosistemas que se consideran no han sido alterados significativamente por el ser humano y que tienen gran importancia por sus beneficios ecológicos. Las áreas protegidas son creadas mediante decretos presidenciales, y las actividades que pueden llevarse en ellas se rigen por la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) (SEREPSA, 2008). REPSA cuenta con todos los elementos para ser un área protegida,

y más aún esta área ha sido reconocida por la UNESCO como patrimonio natural de México (ibid.), lo cual obliga al estado a salvaguardar y preservar dicho patrimonio a través de medidas jurídicas, financieras y técnicas, tales como establecer órganos nacionales de gestión, inventarios, informes, programas de educación y sensibilización del público, y centros de documentación (Lézé, s.f.).

La Ley General de Vida Silvestre (LGVS) es otro instrumento que se suma para la protección de REPSA, ya que protege a la vida silvestre y su hábitat. Así, también la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 regula la protección de especies endémicas, amenazadas o sujetas a protección especial que se encuentran presentes en REPSA y Ciudad Universitaria (SEREPSA, 2013).

En la ciudad de México la Norma Ambiental NADF-001-RNAT-2012, establece los requisitos que se deben cumplir para realizar podas, derribo, trasplantes y restitución de árboles para el manejo de áreas verdes de la ciudad, y por tanto de las áreas de Ciudad Universitaria (SEREPSA, 2013).

Las actividades que se desarrollan en la REPSA deben estar determinadas por lineamientos que se establecen en el plan de manejo de las reserva (SEREPSA, 2008).

En estos lineamientos se prohíbe, en las áreas de REPSA:

- extraer roca volcánica o seres vivos nativos
- introducir plantas exóticas
- introducir animales de compañía
- alimentar animales
- tirar residuos de cualquier tipo

- internarse en la reserva sin previa autorización de la SEREPSA (SEREPSA, 2013).

#### **4.2.4 Recomendaciones**

REPSA podría convertirse en una referencia para el diseño y manejo de las áreas de pedregal en zonas al sur de la ciudad de México, que comparten el mismo paisaje. Al mismo tiempo, es necesaria la generación de corredores silvestres como IVU, donde además de proteger la vida silvestre se conviertan en espacios de educación ambiental (Camarena, 2010). También, son necesarios los recursos financieros para apoyar acciones de conservación, estos en parte pueden ser generados a partir del cobro de servicios, tales como visitas guiadas, campamentos, recorridos, talleres y cursos, entre otros (Sheinbaum, 2008).

En Suárez et al., 2011, se plantea que la IVU en las megaciudades, como es el caso de la Ciudad de México, requiere de una visión que integre fenómenos existentes como la movilidad, acceso a servicios ambientales, a los servicios urbanos como el suministro de agua, el drenaje, la comunicación, las adaptaciones tecnológicas, y las iniciativas que generen un cambio cultural de hábitos que refuercen la relación entre el ambiente y sociedad. Así mismo, la instalación de la IVU debe ser encaminada a alcanzar el principio de equidad en el entorno urbano, entendiendo a éste como el acceso a bienes y servicios urbanos de la misma calidad y cantidad para todos los habitantes de la ciudad (Sheinbaum, 2008; Suárez et al., 2011).

Existe la propuesta de crear IVU y corredores ecológicos para la zona del pedregal, al sur de la ciudad, para fomentar una ciudad equitativa entre sus habitantes, competitiva y sustentable. La propuesta se fundamenta en la ubicación de áreas verdes, transporte no



motorizado y en general infraestructura que permita un ambiente deseable para la ciudad de México (Suárez et al., 2011).

Prevenir inundaciones, incrementar las áreas para la infiltración del agua de lluvia, reintroducir la vegetación del pedregal, evitar las islas de calor y promover espacios para la movilidad sustentable son objetivos múltiples que se han planteado para la implementación de la IVU en la zona de pedregal. Sin embargo, esta planeación multidisciplinaria requiere de la integración de diferentes campos del conocimiento: sociología, paisajismo, urbanismo, administración, biología, ingeniería, etc; por lo que es necesario estimular la interacción y trabajo conjunto de múltiples especialistas dispuestos a diseñar soluciones simples para el alcance de los objetivos antes mencionados (ibid.).

En los pedregales, se ha detectado que es necesario minimizar obstáculos para mejorar la accesibilidad hacia las áreas verdes, construyendo y mejorando los accesos físicos e incentivar el uso público, tomando en consideración la infraestructura ya existente como son: los mercados, plazas públicas, escuelas, etc (ibid.).

Por otra parte, también se ha detectado en los pedregales que resulta ser más eficiente destinar la implementación de IVU en muchas y pequeñas intervenciones como muros verdes, aplicaciones en banquetas, esquinas, camellones, etc. que en parques de gran tamaño (ibid.).

Las unidades habitacionales son el patrón donde más personas habitan con menos metros de impermeabilización por habitante, este patrón de ocupación se considera el menos dañino para el ecosistema del pedregal (ibid.). Además en muchas de las

unidades habitacionales se observa un creciente interés de mejorar los espacios abiertos con vegetación, la peatonización y el rescate de zonas de recreación (ibid.).



Fig. 4.15 Espacios abiertos en unidades habitacionales del pedregal (Suárez et al., 2011).

No obstante, se requiere de una planeación precisa para determinar los espacios que son susceptibles de ser cubiertos con vegetación y qué tipo de especies son recomendables (Sheinbaum, 2008).

Existen programas sociales implementados por el gobierno local que deberían ser más aprovechados para realizar acciones de mejoramiento y mantenimiento u obras nuevas de áreas verdes y bienes de uso común en las unidades habitacionales. Estos programas brindan apoyos económicos para su realización, lo que podría beneficiar a una tercera parte de la población de la ciudad de México, la cual habita en condominios (GDF, 2012). Un ejemplo de este tipo de programas es el programa Ollin Callan para las unidades habitacionales de interés social, el cual se plantea, entre sus objetivos, formar unidades habitacionales sustentables, donde se apoyan soluciones ambientales para el manejo del agua, residuos sólidos, rescate y fomento de áreas verdes, así como la participación social (ibid.). Este programa también propone la construcción de muros y azoteas verdes

condicionados a la contratación de una empresa especializada. En dichos proyectos se pueden destinar hasta \$150,000 MXN para su construcción (ibid.).

Por lo antes mencionado, considero pertinente explorar la implementación de la IVU en unidades habitacionales pues éstas podrían representar un fuerte potencial para aumentar la accesibilidad a las áreas verdes y servicios ambientales en la ciudad de México.

### **4.3 Caso de estudio 3: Montreal, Canadá**

#### **4.3.1 Problemática climatológica**

Montreal posee un clima continental húmedo, cuenta con más del 80% de su territorio cubierto por concreto y cerca de 1, 755 mil habitantes, por lo cual, Montreal es la ciudad más poblada de la provincia de Quebec y la segunda más poblada de Canadá (Université de Montréal, s.f.; Martin, 2008; Institut de la statistique du Québec, 2016; Statistique Canada, 2016). La isla de Montreal, considerada como el corazón de Montreal, tiende a ser más densamente poblada que la periferia de la ciudad, y es ahí donde el efecto de islas de calor se ha hecho más evidente (Ville de Montréal, s.f. b; Chan et al., 2007; Lareau & Baudouin, 2015).

En la actualidad, muchas de las grandes ciudades alrededor del mundo presentan una disminución de su vegetación y un aumento en las construcciones, lo que llega a generar islas de calor, sobre todo en verano, amenazando la salud humana. La ciudad de Montreal, al sur de la provincia de Quebec, no es la excepción a este caso (ville de Montréal, s.f. b; Oke & Maxwell, 1974).

El efecto de isla de calor ocurre cuando la temperatura del aire en la ciudad es mucho más alta que la temperatura de los bordes de la ciudad (Chan et al., 2007).

En la provincia de Quebec se estimaron 1400 decesos relacionados con episodios de calor extremo, el smog y la calidad del aire, en 2006 (Martin, 2008). Para el año 2010, en la zona metropolitana de Montreal, se estimaron 106 muertes relacionadas a una ola de calor que duró 5 días, con presencia de temperaturas por encima de 33°C (Price et al., 2013).

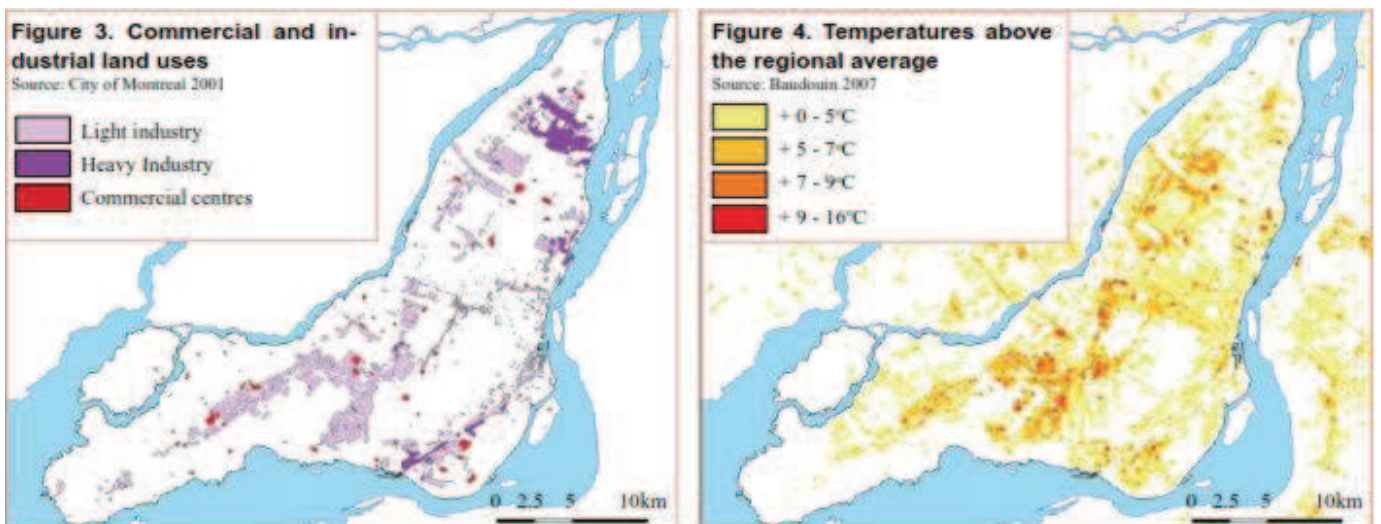


Fig. 4.16 Zonas industriales, comerciales y temperaturas en Montreal (Chan et al., 2007)

En Montreal las islas de calor son mayormente presentes en zonas industriales y zonas residenciales más densamente pobladas (ver figura 4.16), en particular en los distritos: Ville-Marie, Plateau-Mont-Royal, Sud-Ouest, Hochelaga-Maisonneuve, Villeray-Saint-Michel-Parc-Extension, Montréal-Nord y Saint-Léonard, zonas donde se presentan incrementos de temperaturas de 5°C a 10°C más que las temperaturas de la periferia de la ciudad (Ville de Montréal, s.f. b; Chan et al., 2007; Lareau & Baudouin, 2015).

Por otra parte, la proporción de hogares quebequeses que han adquirido un aire acondicionado ha incrementado enormemente en los últimos años, ya en el año 2000 más del 75% de las edificaciones comerciales e institucionales estaban climatizadas de manera total ó parcial por aires acondicionados, lo que recae en la generación de islas de calor (Giguère, 2009). Aunado a esto, los ancianos representan la población con mayor predisposición a sufrir los efectos de las altas temperaturas en Montreal, y se estima que esta población continuara aumentando (Giguère, 2009; Lareau & Baudouin, 2015). Las islas de calor también contribuyen a la formación de smog. Así, las acciones que se realicen para disminuir las islas de calor también podrían contribuir a mejorar la calidad del aire de la ciudad (Giguère, 2009).

Adicionalmente, los eventos climáticos extremos pueden reducir la eficiencia en los sistemas de transporte, por ejemplo; afectando los caminos y la infraestructura ferroviaria (Chan et al., 2007). Además, se ha estimado una disminución en el nivel del Río San Lorenzo de Montreal, debido a un incremento de evaporación, fenómeno que se genera con el aumento de temperaturas, lo que podría tener repercusiones importantes para la economía de Montreal, debido a que el puerto de Montreal es un punto importante de envío de contenedores por medio de barcos de carga. La disminución del nivel de agua en el Río San Lorenzo puede significar que estos barcos tengan que reducir su carga a pocos contenedores, reduciendo también su competitividad e ingresos (ibid.).

El cambio climático también podría reducir la producción de hidroelectricidad, la fuente principal de energía en Quebec, ya que el nivel de agua disminuye al mismo tiempo que la demanda de electricidad incrementa, lo que podría traducirse en pérdidas de productividad y por consecuencia graves pérdidas económicas (ibid.).

En este contexto, el gobierno de Quebec ha creado programas para encabezar la lucha contra las islas de calor urbanas, no solo con el reverdecimiento de zonas urbanas, sino también brindando acceso público a piscinas, juegos de agua, y la puesta en marcha de lugares públicos climatizados, como zonas donde la población puede acudir para refrescarse (Lareau & Baudouin, 2015). Cabe recordar que desde finales de los años 80's, se han integrado acciones ambientales para el manejo del agua, mejoras en la calidad del aire, espacios abiertos urbanos, manejo de flora y fauna, energía, manejo de residuos, control del ruido y transporte en los programas ambientales urbanos de Montreal, encaminados a lograr un desarrollo sustentable en la ciudad (Sénécal, 2002). Así, más tarde Montreal llegó a desarrollar un plan de acción ambiental conocido como el programa de Éco-quartiers (ibid.).

#### **4.3.2 Programa Éco-quartiers**

El programa Éco-quartiers fue instaurado por la ciudad de Montreal en 1995, este programa recibe financiamiento por parte del gobierno de la ciudad de Montreal y reparte estos fondos a organizaciones comunitarias sin fines de lucro que realizan actividades de mejoras para el medioambiente en los barrios de Montreal, como campañas de limpieza y reciclaje, enverdecimiento en espacios escolares, campañas sobre el consumo responsable, talleres de educación ambiental, promoción de soluciones para evitar la utilización de pesticidas, etc (Ville de Montréal, s.f. a; Sénécal, 2002; RÉQ, 2017a). La ciudad ofrece un monto aproximado de \$50,000 CAN anualmente para cada organización seleccionada, para llevar a cabo dichas actividades (Sénécal, 2002; RÉQ, 2017c).

El desarrollo de mejoras para el medio ambiente se ha llevado a cabo en barrios antiguos, desfavorecidos y formados por la clase trabajadora (Sénécal, 2002), como los que se encuentran en los distritos; Ville-Marie, Plateau-Mont-Royal, Sud-Ouest, Hochelaga-Maisonneuve, Villeray-Saint-Michel-Parc-Extension, Montréal-Nord y Saint-Léonard, zonas que presentan una fuerte tendencia a la vulnerabilidad ante el efecto de islas de calor (ver figura 4.17) (Lareau & Baudouin, 2015; RÉQ, 2017a).

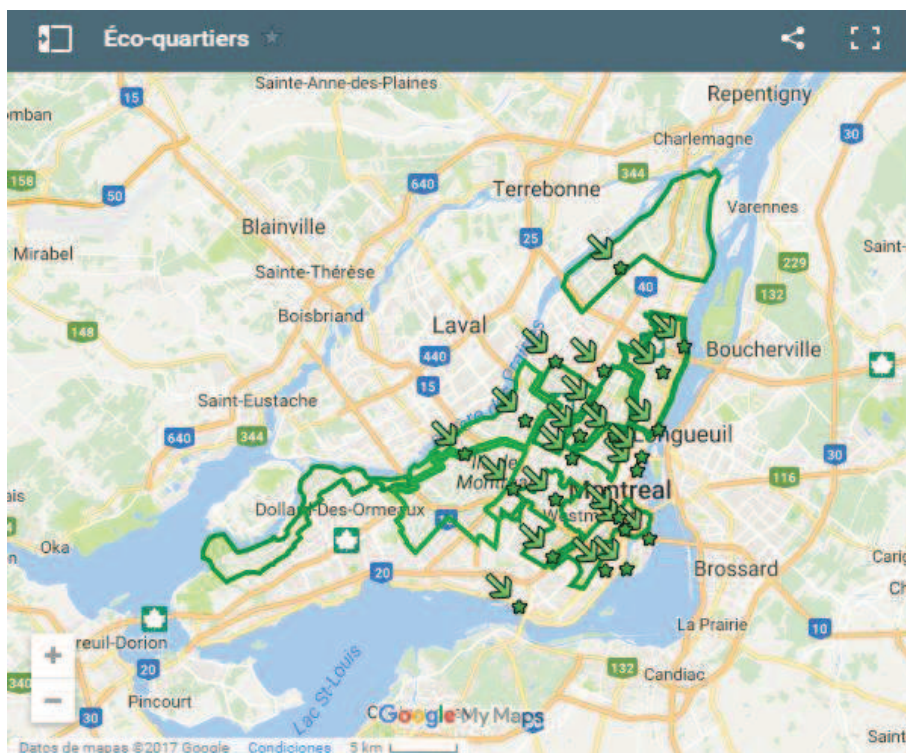


Fig. 4.17  
Distribución de eco-  
barrios en la isla de  
Montreal (RÉQ,  
2017a).

Este programa se enfoca en la participación ciudadana para contribuir al mejoramiento ambiental de los barrios, promoviendo la descentralización y permitiendo a las organizaciones locales asumir mayores responsabilidades (Sénécal, 2002).

El gobierno de la ciudad regula estas actividades de mejoras al medio ambiente por cada organización seleccionada, por medio de la aprobación de los planes de acción y

exigiendo reportes de las actividades llevadas a cabo por las organizaciones (ibid.), para lo cual ha establecido cuatro facetas para el desarrollo de Éco-quartiers (eco-barrios):

- 1) Limpieza (realizar campañas de limpieza de las calles con la participación de los residentes)
- 2) Reciclaje (repartición de bandejas de reciclaje, campañas de sensibilización para el reciclaje, talleres para realizar compostas y creación de sitios de composta)
- 3) Embellecimiento (distribución y plantación de flores, murales, etc.)
- 4) Naturaleza en la ciudad (promoción de la biodiversidad, agricultura urbana, plantación de árboles y arbustos, reverdecimiento de lotes baldíos, creación de rutas verdes, etc.) (Sénécal, 2002; RÉQ, 2017a).

Dentro de la faceta de Naturaleza en la ciudad, para el desarrollo de IVU en los eco-barrios, las organizaciones han puesto énfasis en los proyectos de plantación de árboles y plantas nativas que atraigan aves, mariposas monarca y permitan el desarrollo de la biodiversidad. Así también, se han propuesto apoyar la práctica de apicultura urbana, implementando jardines colectivos e iniciativas de agricultura urbana, rehabilitando lotes baldíos industriales para un hábitat natural (Duqueine, 2013).

En el año 2015, este programa permitió las intervenciones siguientes:

- La implicación de 15,000 ciudadanos para el desarrollo de eco-barrios,
- 217 campañas de limpieza,
- 30 proyectos de agricultura urbana,
- la distribución de 2,000 árboles,



- la implementación de 441 quioscos de sensibilización ambiental,
- 1,167 proyectos ambientales en las escuelas
- y 40 proyectos de rutas verdes (RÉQ, 2017a).

En la actualidad, aproximadamente 90% de la población de Montreal posee servicios implementados por eco-barrios, cubriendo el territorio de 15 distritos, de un total de 19 en la ciudad de Montreal (RÉQ, 2017b).

Los eco-barrios promueven espacios de encuentro entre los residentes y estimulan las iniciativas de los ciudadanos, en la realización de proyectos como; vías verdes, plantación de árboles, cooperativas para la prestación de equipo de jardinería, etc. (Duqueine, 2013).

Entre las campañas que se han realizado en los eco-barrios están;

- Recorridos verdes y activos:

El objetivo de este proyecto es de crear recorridos de vías verdes y motivar el desplazamiento activo de las personas a nivel barrial, particularmente de los jóvenes. En 2016, se crearon cuatro recorridos verdes nuevos de aprox. 5 km por organizaciones locales, en tres eco-barrios y tres distritos (Mercier-Hochelaga-Maisonneuve, Le Sud-Ouest et Rosemont-La Petite-Patrie). Se ha añadido también una aplicación móvil denominada Parcours verts et actifs que permite a los usuarios orientarse en estos recorridos y descubrir puntos de interés basados en cuatro temáticas: Actividad física, medio ambiente y ciudadanía, historia y patrimonio arquitectónico, y arte y cultura (RÉQ, 2017d).



Parcours Mercier-Hochelaga-Maisonneuve



Parcours La Petite-Patrie



Parcours Rosemont



Parcours Le Sud-Ouest

Fig. 4.18 Recorridos verdes y activos (RÉQ, 2017d).

- Un árbol para mi barrio:

Este proyecto invita a los ciudadanos a plantar árboles sobre sus terrenos. Los árboles proporcionados cuentan con una altura de 1.5 a 2 m. por la cantidad de \$25 CAN cada árbol (\$35 CAN los frutales). Estos pueden ser comprados en línea ó directamente en los puntos establecidos en eco-barrios. De esta manera, en 2016, se plantaron 2,050 árboles (RÉQ, 2017e).



Fig. 4.19 Campaña un árbol para mi barrio (RÉQ, 2017e).

- Patrulla verde:

Más de 40 jóvenes son contratados cada año en la realización de este proyecto, del mes de junio a agosto, gracias a la colaboración del programa de empleo de verano que ofrece el gobierno de Canadá. El proyecto pretende informar y sensibilizar a las personas a favor del cuidado para medio ambiente, así como organizar una serie de eventos locales en los barrios para realizar proyectos de agricultura urbana, plantación de árboles, distribución de vegetales, etc.



Fig. 4.20 Patrulla verde (RÉQ, 2017f).

La ciudad de Montreal, actualmente, cuenta con más de 100 jardines comunitarios, 9.7% de su territorio naturalizado, presenta un dosel de su arbolado correspondiente al 20% del área de la ciudad, y para el año 2025 Montreal pretende alcanzar el 25% de cobertura del dosel de sus árboles, respecto del área de la ciudad, con el objetivo principal de combatir las islas de calor y mejorar la calidad del aire (ibid.).

Además, las calles y patios traseros de las casas en Montreal, que muchas veces son poco utilizados y asfaltados, han sido objeto de proyectos para generar espacios verdes y contribuir a disminuir los efectos de las islas de calor (ej. Soverdi, s.f.).



Fig. 4.21 Ejemplos de calles y patios traseros verdes en Montreal (Soverdi, s.f.)

Este programa ha tenido una implementación considerada exitosa. En un estudio conducido por Sénécal, (2002), se examinaron las actividades involucradas en el

desarrollo del programa de Éco-quartiers de nueve barrios, en un periodo de tres años, de 1995 a 1997. Esto con la finalidad de evaluar la participación de los nueve barrios para la realización de mejoras ambientales. Se encontró que las organizaciones que participaban en la dirección de actividades para las mejoras ambientales, dentro de estos nueve barrios, eran capaces de movilizar a los ciudadanos e involucrarlos en sus distintas actividades. Por lo que el nivel de participación en los nueve barrios, en su conjunto, se consideró relativamente alto. Sin embargo, se observó que las organizaciones no se aventuran a innovar dentro de sus propuestas de actividades para el cuidado del medio ambiente.

Observando las grandes ciudades de Norteamérica, la ciudad de Montreal es considerada como una ciudad verde gracias a su amplia cobertura del dosel de sus árboles y sus numerosos espacios verdes (parques en los barrios, grandes parques urbanos, prados, terrenos públicos o privados naturalizados, huertos, etc.) que contribuyen a la calidad de vida de sus ciudadanos (Duqueine, 2013).

#### **4.3.3 Marco legal para la implementación del programa Éco-quartiers**

Con el plan de urbanismo de 1992, en Montreal, se reconoció la necesidad de los espacios verdes integrados a la ciudad y también la repartición desigual de estos espacios. Se remarcó las necesidades relacionadas al mejoramiento de parques ya existentes y la conservación de especies naturales para maximizar el potencial de los espacios libres que ofrece la ciudad. En este contexto, se dio paso a la creación de proyectos para la creación de una red verde en la ciudad de Montreal, financiados por el gobierno de la ciudad. Entre estos proyectos se encuentra el programa de Éco-quartiers, el cual interviene en la planeación y realización del reverdecimiento de espacios

degradados bajo un enfoque ecológico, tomando en cuenta los espacios pequeños y que no poseen ningún status, alentando el redesarrollo sobre la base de recuperar espacios industriales para su enverdecimiento en numerosos barrios de la ciudad (Sénécal & Saint-Laurant, 1999; Sénécal, 2002).

La ley de planificación y desarrollo de Quebec es un instrumento de política de desarrollo sustentable que contempla la participación de organizaciones comunitarias para el cumplimiento de los objetivos del Plan metropolitano de mejoramiento y desarrollo de la comunidad metropolitana, entre estos objetivos se encuentra la protección de ambientes naturales, así como las actividades agrícolas y su planificación integral para el incremento de la calidad de vida de los ciudadanos (Gouvernement du Québec, 2016). Lo cual apoya la subsistencia de organizaciones locales que contribuyen en la generación de espacios verdes, como las que dan vida al programa de Éco-quartiers.

Las organizaciones colaboradoras en el programa de Éco-quartiers conforman el Reagrupamiento de eco-barrios (RÉQ por sus siglas en francés), donde se propone una asamblea general anual, para realizar el balance anual de las actividades llevadas a cabo por el programa y sus estados financieros, así como un consejo administrativo y comités internos (RÉQ, 2017g).

#### **4.3.4 Recomendaciones**

El RÉQ, representado por sus organizaciones locales, ha dado origen a numerosas propuestas para la mejora del programa Éco-quartiers (ej. Duqueine, 2013). A continuación se presentan algunas de estas recomendaciones puntuales enfocadas en mejorar la IVU en los barrios:

- Desarrollar la reglamentación para la protección de los ambientes naturales de la ciudad;
- Reglamentar las prácticas de agricultura urbana;
- Integrar medidas concretas para favorecer la creación de huertos urbanos y su supervisión periódica;
- Aumentar el número de huertos urbanos;
- Proveer un financiamiento constante para las organizaciones comunitarias de agricultura urbana;
- Sensibilizar a la ciudadanía sobre la preservación de la naturaleza en la ciudad;
- Incrementar la plantación de árboles para aumentar la cobertura del dosel del arbolado en la ciudad;
- Aumentar la instalación de muros verdes, estacionamientos con vegetación, azoteas verdes y azoteas blancas, con el fin de reducir los efectos de las islas de calor;
- Desarrollar la accesibilidad a espacios naturales en la ciudad, con el fin de que las personas puedan disfrutar de estos sitios;
- Sostener el desarrollo de la agricultura urbana y de los jardines comunitarios, favoreciendo la socialización, la mezcla social, cultural y generacional creando vínculos entre los ciudadanos para una dinámica solidaria en sus barrios. Además la agricultura urbana puede contribuir a reforzar la seguridad alimentaria (Duqueine, 2013).

En Giguère, (2009), se menciona que es necesario un enfoque multidisciplinario e integral de desarrollo urbano, con la participación de diferentes actores y sectores de la

sociedad (ciudadanos, sector salud, sector urbano, sector transporte, etc.) para compartir información y conocimientos que nos guíen hacia una adaptación óptima a eventos extremos climáticos como son; las olas de calor.

En Giguère, (2009), también se proponen recomendaciones para contrarrestar los efectos de islas de calor en la región sur de Quebec; priorizar las medidas contra las islas de calor urbanas en zonas donde habitan la población vulnerable al calor, optar por medidas que tomen en cuenta las diferentes estaciones climáticas del territorio, reducir la producción de calor antrópico, favorecer los ciclos naturales del agua en el medio urbano (lo que asegura que el ambiente se refresque), adoptar los principios de la arquitectura bioclimática, apoyar las iniciativas del reverdecimiento a pequeña y gran escala, así como la protección de los bosques, favorecer la ventilación de los edificios en el verano y disminuir la dependencia al aire acondicionado.

Mientras que en Chan *et al.*, (2007), se recomienda también enfocar los esfuerzos de adaptación a las islas de calor en las áreas más vulnerables, considerando sus condiciones físicas y sociales para identificar medidas potenciales de adaptación y su monitoreo.

## **Conclusión**

Las ciudades ejercen grandes presiones sobre el medio ambiente y sus recursos, lo que incrementa las afectaciones causadas por el cambio climático, por lo cual es necesario generar acciones y tomar medidas en la ciudad que limiten el impacto ambiental y disminuyan la vulnerabilidad ante el cambio climático.



En América del norte el desarrollo de las ciudades ha comenzado a adoptar el enfoque de desarrollo sustentable para disminuir los impactos ambientales causados por el ser humano y al mismo tiempo reducir los riesgos de ser afectados por el cambio climático, entre otras afectaciones ambientales, dando paso a la generación de movimientos urbanos como el nuevo urbanismo, eco-ciudades y ciudades inteligentes, con el objeto de desarrollar ciudades compactas y la utilización mixta del territorio<sup>5</sup>, donde el rol de la IVU cobra importancia por la generación de servicios ambientales y también por su valor social, ya que permite la existencia de espacios que pueden generar vínculos y transformaciones sociales que se traducen en beneficios para los habitantes de una ciudad.

Alguno de los beneficios que pueden ser generados por la implementación de IVU son; mejoras en la calidad del agua, mejoras en la calidad del aire, reducción de inundaciones, confort térmico, así como una serie de beneficios económicos, sociales y a la salud, por lo cual la IVU constituye un elemento clave para la formación de capacidades adaptativas ante las perturbaciones climáticas, reduciendo la vulnerabilidad a las afectaciones provocadas por el cambio climático.

Tomando en cuenta las recomendaciones que fueron proporcionadas en este trabajo, para cada caso de estudio, a continuación propongo algunas recomendaciones generales que pueden ayudar en la generación de políticas para la implementación de IVU y la adaptación al cambio climático en las ciudades:

---

<sup>5</sup> Gama de usos del suelo o actividades que por su cercanía pueden brindar funciones complementarias (Jacobs, 1961).

- 1) Desarrollar herramientas que permitan la toma de decisiones enfocada en la reducción de vulnerabilidades sociales y en lograr la equidad, en calidad y cantidad, de la implementación de IVU en las ciudades, empoderando a las comunidades marginadas para la adaptación ante el cambio climático.
- 2) Vincular políticas para evitar procesos de gentrificación que pueden ser resultado de la implementación de IVU, como la distribución equitativa de casas asequibles en la ciudad.
- 3) Promocionar en áreas recreativas, terrenos baldíos, así como en espacios inutilizados de la ciudad proyectos de jardines comunitarios, creación de muros verdes, huertos urbanos, ferias locales de educación ambiental, etc. para mejorar el entorno de los barrios y su adaptación ante el cambio climático, incrementando la cohesión social y creando redes de trabajo entre organizaciones no gubernamentales y gubernamentales, incluso universidades o grupos académicos, que dirijan estos proyectos.
- 4) Aumentar la accesibilidad a las áreas verdes y a los servicios ambientales en la ciudad para disfrute de las personas.
- 5) Crear espacios de diálogo entre los gobiernos locales, organizaciones sin fines de lucro, grupos académicos, líderes comunitarios y el sector privado con el objeto de brindar opciones innovadoras, conciliar distintos intereses y promover el conocimiento sobre las vulnerabilidades y adaptaciones ante el cambio climático, ya que los aportes de los diversos actores sociales pueden ayudar para el desarrollo de estrategias de adaptación más integradoras que combatan las diversas afectaciones del cambio climático.

- 6) Identificar y compartir las estrategias orientadas a la adaptación ante el cambio climático y el desarrollo sustentable urbano, así como sus efectos, y promover las experiencias exitosas como modelos para otros, dotando a las ciudades de mejores respuestas ante el cambio climático.

El presente trabajo ha proporcionado un panorama de los impactos de la IVU para la adaptación ante el cambio climático en ciudades grandes, centrándose en América del norte, a través de tres casos de estudio en ciudades pertenecientes a esta región, donde se identificaron y analizaron ejemplos exitosos de implementación de la IVU. Así, también se expusieron recomendaciones encaminadas a mejorar la IVU para la adaptación urbana ante los efectos del cambio climático.

La importancia de la IVU para el desarrollo sustentable de las ciudades y la cuantificación de los impactos de dicha infraestructura verde para la reducción de las vulnerabilidades ante el cambio climático podrían significar direcciones potencial para futuras investigaciones; es importante que la infraestructura verde que nos provee de múltiples beneficios sea comprendida y valorada por los planificadores de ciudades y creadores de políticas públicas.

## Referencias

- Alberini, A., W. Gans. & M. Alhassan. (2011). Individual and public-program adaptation: coping with heat waves in five cities in Canada. *International journal of environmental research and public health*, 8, 4679-4701.
- Andersson, E., Barthel, S., Borgstrom, S., Colding, J., Elmqvist, T., Folke, C. & Green, A. (2014). Reconnecting cities to the biosphere: Stewardship of green infrastructure and urban ecosystem services. *A journal of the human environment*, 43, 4, 3-17.
- Basu, R. & J. M. Samet. (2002). Relation between elevated ambient temperature and mortality: a review of the epidemiologic evidence. *Epidemiologic reviews*, 24, 190-202.
- Bayulken, B. & Huisingh, D. (2015). A literature review of historical trends and emerging theoretical approaches for developing sustainable cities. *Journal of cleaner production*. 109, 11-24.
- Beatley, T. (2000). *Green Urbanism: Learning from European Cities*. Washington, D.C. Island Press.
- Bell, M. L., D. L. Davis, N. Gouveia, Borja-Aburto, V. H. & Cifuentes, L. A. (2006). The avoidable health effects of air pollution in three Latin American cities: Santiago, Sao Paulo and Mexico City. *Environmental Research*, 3 (100), 431-440.
- Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2002). Green infrastructure: Smart conservation for the 21st century. *Sprawl watch clearinghouse monograph series*.

- Bolay, J. C. (2006). Slums and urban development: Questions on society and globalization. *The European journal of development research*, 18 (2), 284-298.
- Brunkard, J. M., Cifuentes, E. & Rothenberg, S. J. (2008). Assessing the roles of temperature, precipitation, and ENSO in dengue re-emergence on the Texas-Mexico border region. *Salud publica de México*, 50 (3), 227-234.
- Bureau de la ville intelligente et numérique. (s.f.). *Montréal ville intelligente et numérique, stratégie montrealaise 2014 – 2017*. Bureau de la ville intelligente et numérique. <http://villeintelligente.montreal.ca/sites/villeintelligente.montreal.ca/files/strategie-montrealaise-2014-2017-ville-intelligente-et-numerique-fr-amendee.pdf> (Página consultada el 8 de Febrero de 2017).
- Camacho, M. O. & Flamand, L. (2008). Políticas intergubernamentales para controlar la contaminación del aire en ciudades mexicanas. Una evaluación. *Gestión y política pública*, 17 (2), 261-313.
- Camarena, B. P. (2010). *Xerojardinería. Guía para el diseño de los jardines de Ciudad Universitaria*. UNAM. México.
- Cameron, R. W. F., Blanusa, T., Taylor, J. E., Salisbury, A., Halstead, A. J., Henricot, B. & Thompson, K. (2012). The domestic garden – its contribution to urban Green infrastructure. *Urban forestry and urban greening*, 11, 129-137.
- CDC. (2006). Heat-related deaths—United States, 1999-2003. *Morbidity and Mortality Weekly Report*. 55, 796–798.

Chan, C. F., Lebedeva, J., Otero, J. & Richardson, G. (2007). *Urban heat islands: a climate change adaptation strategy for Montreal. Final report.* CCAP.

Chapin III, F. S., Carpenter, S. R., Kofinas, G.P., Folke, C., Abel, N., Clark W.C., Olsson, P., Smith, D.M.S., Walker, B., Young O.R., Berkes, F., Biggs, R., Grove, M.J., Naylor, R.L., Pinkerton, E., Steffen W., & Frederick J. Swanson. (2009). Ecosystem stewardship: sustainability strategies for a rapidly changing planet. *Trends in ecology and evolution*, 25, 4, 241- 249.

Chapin III, S.F., Zavaleta, E.S., Eviner, V.T., Naylor, R. L., Vitousek P. M., Reynolds H.L., Hooper, D.U., Lavorel, S., Sala, O.E., Hobbie, S.E., Mack, M.C. & Díaz, S. (2000). Consequences of changing biodiversity. *Mcmillan Magazines, Nature*, 405, 234-242.

Chávez, C. (2007). "Sustentabilidad urbana en el ámbito metropolitano: de los conceptos básicos a los instrumentos de la política ambiental", en: Moreno y Meixueiro (Coord.). *El desarrollo metropolitano y sustentabilidad de las ciudades.* CESOP, Cámara de diputados LX Legislatura, México.

Chokr, N. N. (2016). Ecological footprint. *Salem press encyclopedia.*

<https://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?sid=39db099b-9e9a-40f2-8237-16b52a96a3ac%40sessionmgr4007&vid=12&hid=4102&bdata=Jmxhbmc9Znlmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=89474116&db=ers> (Página consultada el 3 de Abril de 2017).

Coleman, J. S. (1988). Social capital in the creation of human capital. *The american journal of sociology.* 94, 95-120.

CONAFOVI. (2005). *Guía para el diseño de áreas verdes en desarrollos habitacionales*. CONAFOVI. México.

Congress of the new urbanism. (2001). Los principios del nuevo urbanismos.

[https://www.cnu.org/sites/default/files/cnucharter\\_spanish.pdf](https://www.cnu.org/sites/default/files/cnucharter_spanish.pdf) (Página consultada el 1 de Febrero de 2017).

Cook, E. A. & Lara, J.J. (2012). *Remaking Metropolis: Global Challenges of the Urban Landscape*. Routledge.

Cranz, G. (1982). *Politics of park desing: A history of urban parks in America*. Cambridge, MIT press.

Daniel, S. & Doran, M. (2013). Geosmartcity: Geomatics contribution to the Smart city. *En* ITIS. [https://www.itis.ulaval.ca/files/content/sites/itis/files/fichiers/Daniel\\_Doran\\_geoSmartCities\\_dgo2013-final.pdf](https://www.itis.ulaval.ca/files/content/sites/itis/files/fichiers/Daniel_Doran_geoSmartCities_dgo2013-final.pdf) (Página consultada el 4 de Febrero de 2017).

Davis, A., Hunt, W., Traver, R. & Clar, M. (2009). Bioretention technology: overview of current practice and future needs. *Journal of environmental engineering*, 135 (3), 109-117.

Demuzere, M., Orru, K., Heidrich, O., Olazabal, E., Geneletti, D., Orru, H., Bhave, A. G., Mittal, N., Feliu, E. & Faehnle, M. (2014). Mitigating and adapting to climate change: Multifuntional and multi-scale assessment of green urban infrastructure. *Journal of environmental management*, 146, 107-115.

Diccionario de la lengua española. (2014). 23<sup>a</sup> edición. *En* RAE. <http://dle.rae.es/?id=2yCafLE> (página consultada el 25 de Noviembre del 2016).

- Diez de Bonilla, J. R. (2007). "El desarrollo metropolitano y la sustentabilidad de las ciudades. Retos de la normatividad del desarrollo metropolitano en México", en: Moreno y Meixueiro (Coord.). *El desarrollo metropolitano y sustentabilidad de las ciudades*. CESOP, Cámara de diputados LX Legislatura, México.
- Ding, L., Hwang, J. & Divringi, E. (2015). *A practitioner's summary gentrification and residential mobility in Philadelphia*. Federal Reserve Bank of Philadelphia.
- Duqueine, K. (2013). Mémoire déposé à l'OCPM dans le cadre de la consultation publique sur le plan de développement de Montréal. *En RÉQ.* <http://www.eco-quartiers.org/documents/Memoire%20PDM%20REQ.pdf> (Página consultada el 1 de Abril de 2017).
- Econsult solutions. (2016). *The economic impact of Green city, clean waters: The first five years. Final report*. Econsult solutions.
- EPA. (2017). Summary of the clean water act. *In EPA. Laws & Regulations.* <https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-water-act> (Página consultada el 15 de Marzo de 2017).
- Escolero, O., Kralisch, S., Martínez, S. E. & Perevochtchikova, M. (2016). Diagnóstico y análisis de los factores que influyen en la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable a la ciudad de México, México. *Boletín de la sociedad geológica mexicana*, 68 (3), 409-427.
- FAO. (2017). Estadísticas sobre seguridad alimentaria. *En FAO.* <http://www.fao.org/economic/ess/ess-fs/es/> (Página consultada el 2 de Abril de 2017).



- Fernández, A. V. (2016). Riesgos de la ciudad (digital) del futuro: Control, guetización y desarraigo. *Andamios*, 13 (32), 15-35.
- Field, J. (2003). *Social capital*. Routledge. New York.
- Freeh, R. & Wu, S. (2015). *Greenworks Philadelphia: 2015 progress report*. Philadelphia: Mayor's office of sustainability.
- Freer-Smith, P., Beckett, K. & Tavior, G. (2005). Deposition velocities to *Sorbus aria*, *Acer Campestre*, *Populus deltoides x Trichocarpa "Beaupre"*, *Pinus nigra* and *Cupressocyparis leylandii* for coarse, fine and ultra-fine particles in the urban environment. *Environmental pollution*, 133 (1), 157-167.
- Gallopin, Gilberto. (2006). Linkages between vulnerability, resilience and adaptive capacity. *Global environmental change*, 16, 293–303.
- GDF. (2012). Lineamientos y mecanismos de operación del programa social "Ollin Callan" para las unidades habitacionales de interés social, ejercicio 2012. *Gaceta oficial del Distrito Federal*. 31 de enero 2012.
- Giffinger, R. (s.f.). Le caractéristiques d'un ville intelligente. *En CRE*. <http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=smartcities-caracteristiques> (Página consultada el 5 de Febrero de 2017).
- Giguère, M. (2009). *Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains*. Institut national de la santé publique du Québec, *En Gouvernement du Québec*. [https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/988\\_MesuresIlotsChaleur.pdf](https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/988_MesuresIlotsChaleur.pdf) (Página consultada el 26 de Marzo de 2017).

- Gill, S.E., Handley, J.F., Ennos, A.R. & Pauleit, S. (2007). Adapting cities for climate change: the role of green infrastructure. *Built environment*, 33, 1, 115-133.
- Gouvernement du Québec. (2016). Loi sur l'aménagement et l'urbanisme. Chapitre A-19.1. Articles 2.23, 2.24. *En LégisQuébec* [http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/showdoc/cs/A-19.1?langCont=fr#ga:l\\_i-gb:l\\_0\\_3-h1](http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/showdoc/cs/A-19.1?langCont=fr#ga:l_i-gb:l_0_3-h1) (Página consultada el 2 de Abril de 2017).
- Hansen, A., P. Bi, M. Nitschke, D. Pisaniello, J. Newbury. & A. Kitson. (2011). Perceptions of heat-susceptibility in older persons: barriers to adaptation. *International journal of environmental research and public health*, 8, 4714-4728.
- Hardoy, J. & Romero, L. P. (2011). Latin America cities and climate change: challenges and options to mitigation and adaptation responses. *Environmental sustainability*, 3, 158-163.
- Harlan, S., Brazel, A., Prashad, L., Stefanov, W. & Larsen, L. (2006). Neighborhood microclimates and vulnerability to heat stress. *Social Science and Medicine*, 63, 2847–2863.
- Heckert, M. & Rosan, C. D. (2016). Developing a green infrastructure equity index to promote equity planning. *Urban forestry and urban greening*, 19, 263-270.
- Hondula, D. M., R. E. Davis, M. J. Leisten, M. V. Saha, L. M. Veazey. & C. R. Wegner. (2012). Fine-scale spatial variability of heat-related mortality in Philadelphia County, USA, from 1983–2008: a case-series analysis. *Environ Health*, 11, 1-11.
- Howard, E. (1902). *Garden cities of tomorrow*. Swan Sonnenschein & Co. London.
- Hui, C. (2006). Carrying capacity, population equilibrium, and environment's maximal load. *Ecological modelling*, 192 (1-2), 317-320.

IEFS. (2016). The ecocity framework. *En Ecocity builders*.

<http://www.ecocitystandards.org/ecocity-level-1-conditions/> (Página consultada el 3 de Febrero de 2017).

Institut de la statistique du Québec. (2016). *Le Québec chiffres en main*. *En* Gouvernement du Québec. [http://www.stat.gouv.qc.ca/quebec-chiffre-main/pdf/qcm2016\\_fr.pdf](http://www.stat.gouv.qc.ca/quebec-chiffre-main/pdf/qcm2016_fr.pdf) (Página consultada el 26 de Marzo de 2017).

IPCC, Glossary. (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M., Tignor. & P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA.

IPCC. (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M., Tignor. & P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA.

IPCC. Glossary. (2007) *Fourth Assessment Report*. Working group I report “The physical science basis”. Annex I. Cambridge University Press.

ITIS. (2012). Villes intelligentes: un bref survol. *En* ITIS.

<https://www.itis.ulaval.ca/cms/site/itis/page81388.html> (Página consultada el 4 de Febrero de 2017).

- Jacobs, J. (1961). *The death and life of great American cities*. Random house. New York.
- Javier, J. R. N., Smith, J. A., Beack, M. L. & Villarini, G. (2010). Flash flooding in the Philadelphia metropolitan region. *Journal of hidrologic engineering*, 15 (1), 29-38.
- Jepson, E. J. & Edwards, M. M. (2010). How possible is sustainable urban development? An analysis of planners perceptions about new urbanism, Smart growth and the ecological city. *Routledge*, 25 (4), 417-437.
- Karl, T.R., Melillo, J.M. & Peterson, T.C. (Eds.). (2009). *Global Climate Change Impacts in the United States*. Cambridge University Press, New York.
- Kates, R. W., Parris, T. M. & Leiserowitz, A. A. (2005). What is sustainable development? Goals, indicators, values and practice. *Environment magazine*.
- Kondo, M. C., Low, S. C., Henning J. & Branas C. C. (2015). The impact of green stormwater infrastructure installation on surrounding health and safety. *American journal of public health*, 105 (3), 114-121.
- Lareau, F. & Baudouin, Y. (2015). Évaluation et cartographie de la vulnérabilité à la chaleur dans l'agglomération de Montréal. *Le géographe canadien*, 59 (2), 234-245.
- Léon, C. & Neri, C. (2010). *Estudio pobreza urbana y cambio climático para la ciudad de México*. WB-GDF.
- Lézé, F. (s.f.). Patrimonio cultural inmaterial, diversidad cultural y gobernanza. *Amicus curiae*, Instituto de investigaciones jurídicas UNAM, 1. En DED.  
<http://www.derecho.duad.unam.mx/amicuscuriae/descargas/amicus%2012/Cultura%20y%20gobernanza.pdf> (Página consultada el 11 de Mayo de 2017).

- Magaña, Victor. (2013). *Guía Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad ante Cambio Climático*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). México.
- Marten. G. (2001). *Human ecology: Basic concepts for sustainable development*, Earthscan, London.
- Martin, P. (2008). Insolation, urban heat islands in Montreal. Martin, P. (realizador). <https://www.youtube.com/watch?v=xRD8maZuXr4> (Página consultada el 26 de Marzo de 2017).
- Matteson, K. C. & Langellotto, G. A. (2010). Determinates of inner city butterfly and bee species richness. *Urban ecosystems*, 13, 333-347.
- Mayor's Office of Sustainability & ICF International. (2015). *Growing stronger: toward a climate-ready Philadelphia*. Mayor's Office of Sustainability and ICF International.
- Nordbo, A., Jarvi, L., Haapanaija, S., Wood, C. R. & Vesala, T. (2012). Fraction of natural area as main predictor of net CO<sub>2</sub> emissions from cities. *Geophys. Res. Lett.*, 39 (20).
- Norton, B. A., A. M. Coutts, S. J. Livesley, R. J. Harris, A. M., Hunter. & N. S., Williams. (2015). Planning for cooler cities: a framework to prioritise green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 134, 127-138.
- O'Brien, K., R. Leichenko, U. Kelkar, H. Venema, G. Aandahl, H. Tompkins, A. Javed, S. Bhadwal, S., Barg. & L., Nygaard. (2004). Mapping vulnerability to multiple stressors: climate change and globalization in India. *Global Environmental Change*, 14, 303-313.

Oke, T. R. & Maxwell, G. B. (1974). Urban heat island dynamics in Montreal and Vancouver.

*Atmospheric Environment*, 9, 191-200.

Ouellet, M. (2006). Le smart growth et le nouvel urbanisme: synthèse de la littérature récente et regard sur la situation canadienne. *Cahiers de géographie du Québec*, 5 (140), 175-193.

OVACEN. (2017). Smart city ventajas y desventajas. In OVACEN. <https://ovacen.com/smart-city-ventajas-y-desventajas/> (Página consultada el 3 de Febrero de 2017).

Passeport, E., Hunt, W., Line, D., Smith, R. & Brown, R. (2009). Field study of the ability of two grassed bioretention cells to reduce storm-water runoff pollution. *Journal of irrigation and drainage engineering*. 135 (4), 505-510.

Pauleit, S. & Duhme, F. (2000). Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning. *Landscape and urban planning*, 52, 1-20.

Pearsall, H. (2010). From Brown to Green? Assessing social vulnerability to environmental gentrification in New York City. *Environment and Planning. Government and Policy*, 28, 872-886.

Pearsall, H. (2017). Staying cool in the compact city: Vacant land and urban heating in Philadelphia, Pennsylvania. *Applied Geography*, 79, 84-92

Philadelphia water department. (2011). *Amended green city, clean waters. The city of Philadelphia's program for combined sewer overflow control. Program summary.*  
Philadelphia water department.

Philadelphia water department. (s.f.). What we're doing. *In* Philadelphia water department.

[http://www.phillywatersheds.org/what\\_were\\_doing/documents\\_and\\_data/cso\\_long\\_term\\_control\\_plan](http://www.phillywatersheds.org/what_were_doing/documents_and_data/cso_long_term_control_plan) (Página consultada el 12 de Marzo de 2017).

PNUD. (2016). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. *En* UN

<http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

(Página consultada el 4 de Noviembre de 2016).

Price, K., Perron, S. & King, N. (2013). Implementation of the Montreal heat response plan during the 2010 heat wave. *Revue canadienne de santé publique*, 104 (2), 96-100.

Pugh, T., Mackenzie, R., Whyatt, J. & Hewitt, C. (2012). Effectiveness of green infrastructure for improvement of air quality in urban street canyons. *Environmental science and technology*, 46 (14), 7692-7699.

Register, Richard. (1987). *Ecocity Berkeley: Building cities for a healthy future*. North Atlantic books.

RÉQ. (2017a). Le programme Éco-quartier. *En* RÉQ. [http://www.eco-quartiers.org/programme\\_ecoquartiers](http://www.eco-quartiers.org/programme_ecoquartiers) (Página consultada el 30 de Marzo de 2017).

RÉQ. (2017b). Historique. *En* RÉQ. <http://www.eco-quartiers.org/historique> (Página consultada el 31 de Marzo de 2017).

RÉQ. (2017c). Foire aux questions. *En* RÉQ. <http://www.eco-quartiers.org/foireauxquestions> (Página consultada el 31 de Marzo de 2017).

RÉQ. (2017d). Parcours verts et actifs. *En* RÉQ. <http://www.eco-quartiers.org/parcoursvertsetactifs> (Página consultada el 1 de Abril de 2017).

RÉQ. (2017e). Un arbre pour mon quartier. *En RÉQ.* <http://www.eco-quartiers.org/node/740>

(Página consultada el 2 de Abril de 2017).

RÉQ. (2017f). Patrouille verte. *En RÉQ.* [http://www.eco-quartiers.org/Patrouille\\_verte](http://www.eco-quartiers.org/Patrouille_verte) (Página

consultada el 2 de Abril de 2017).

RÉQ. (2017g). Fonctionnement. *En RÉQ.* <http://www.eco-quartiers.org/fonctionnement>

(Página consultada el 3 de Abril de 2017).

Rey, G., A. Fouillet, P. Bessemoulin, P. Frayssinet, A. Dufour, E., Jouglu. & D., Hémon. (2009).

Heat exposure and socio-economic vulnerability as synergistic factors in heat-wave-related mortality. *European journal of epidemiology*, 24, 495-502.

Rockstrom, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, S., Lambin, E.F., Lenton, T.M.,

Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., De Wit, C.A., Hughes, T., Van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sorlin, S., Snyder, P., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M.

Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V., Hansen, J., Walker, B., Liverman D.M., Richardson, K., Crutzen, P.J. & Foley J. (2009). Planetary boundaries: Exploring the safe operating

space for humanity. *Nature*, 461.

Sampson, N. R., C. J. Gronlund, M. A. Buxton, L. Catalano, J. L. White-Newsome, K. C. Conlon,

M. S. O'Neill, S., McCormick. & E. A., Parker. (2013). Staying cool in a changing climate: reaching vulnerable populations during heat events. *Global Environmental Change*, 23,

475-484.

Schleussner, C.F., Lissner, T.K., Fischer E.M., Wohland, J., Perrette, M., Golly, A., Rogelj, J.,

Childers, K., Schewe, J., Frieler, K., Mengel, M., Here, W. & Schaeffer, M. (2016).



Differential climate impacts for policy-relevant limits to global warming: The case of 1.5 °C and 2 °C. *Earth system dynamics*, 7, 327-351.

Sénécal, G. & Saint-Laurant, D. (1999). Espaces libres et enjeux écologiques: deux récits du développement urbain à Montréal. *Recherches sociographiques*, 40 (1), 33-54.

Sénécal, G. (2002). Montréal's éco-quartier environmental program: Local action and municipal management. *Environmental Management*, 30 (1), 46-58.

SEREPSA. (2008). *Manual de procedimientos del programa de adopción de la reserva ecológica del pedregal de San Ángel*. Secretaría ejecutiva REPSA, Coordinación de la investigación científica, UNAM, México.

SEREPSA. (2013). Portal oficial de la Reserva Ecológica Pedregal de San Ángel. *Coordinación de la investigación científica, UNAM*. México. En REPSA. <http://www.repsa.unam.mx/> (Página consultada el 23 de Marzo de 2017).

Sheinbaum, C. (2008). *Problemática ambiental de la ciudad de México. Diagnostico y experiencia de gestión 2001-2006*. Limusa. México.

Sorensen, M., V. Bazertti, K. Keipi & J. Williams. (1998). *Manejo de las áreas verdes urbanas*. Banco Interamericano de Desarrollo.

Soverdi. (s.f.). Rulles vertes. En Soverdi. <http://www.soverdi.org/ruelles-vertes/> (Página consultada el 2 de Abril de 2017).

Spring, U. O. (2010). "Cambio climático, conflictos sobre recursos y vulnerabilidad social". En: Delgado et al. (coord.). *México frente al cambio climático. Retos y oportunidades*. UNAM. México.

Statistique Canada. (2016). Population par année, par province et territoire. *En* Gouvernement du Canada. <http://www.statcan.gc.ca/tables-tableaux/sum-som/l02/cst01/demo02a-fra.htm> (Página consultada el 26 de Marzo de 2017).

Stone, B., J. J., Hess. & H. Frumkin. (2010). Urban form and extreme heat events: are sprawling cities more vulnerable to climate change than compact cities. *Environmental health perspectives*, 118, 1425-1428.

Suárez, A., Camarena, P., Herrera, I. y Lot, A. (2011). *Infraestructura verde y corredores ecológicos de los pedregales: ecología urbana del sur de la Ciudad de México*. REPSA, UNAM, México.

Sutherland, W. J., Aveling, R., Brooks, T.M., Clout, M., Dicks, L.V., Fellman, L., Fleishman, E., Gibbons, D.W., Keim, B., Lickorish, F., Monk, K. A., Mortimer, D., Peck, L.S., Pretty, J., Rockstrom, J., Rodriguez, J.P., Smith, R. K., Spalding, M. D., Tonneijck, F. H., & Watkinson, A. R. (2014). A horizon scan of global conservation issues for 2014. *Trends in ecology and evolution*, 29 (1), 15-22.

Uejio, C. K., O. V. Wilhelmi, J. S. Golden, D. M. Mills, S. P. Gulino. & J. P., Samenow. (2011). Intra-urban societal vulnerability to extreme heat: the role of heat exposure and the built environment, socioeconomics, and neighborhood stability. *Health & Place*, 17, 498-507.

UN. (2016). *The world's cities in 2016*, Department of economic and social affair, Population division.

UN. (2017). *Sustainable development*. In UN <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&type=111&nr=1358&menu=35> (Página consultada el 10 de Enero de 2017).

UN. (2012). *Report of the United Nations Conference on Sustainable Development. United Nations. Rio de Janeiro. In UN*  
[http://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/CONF.216/16&Lang=E](http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/CONF.216/16&Lang=E) (Página consultada el 7 de Enero de 2017).

UNFCCC. (2015). Decision 1/CP.21. The Paris Agreement. *In UNFCCC.*  
<http://unfccc.int/files/home/application/pdf/decision1cp21.pdf> (Página consultada el 7 de Enero de 2017).

UN-Habitat. (2011). *Cities and Climate Change: Global Report on Human Settlements 2011.* Earthscan, UN-Habitat.

UN-Habitat. (2017). History, mandate and role in the UN system. *In UN-Habitat.*  
<http://unhabitat.org/about-us/history-mandate-role-in-the-un-system/> (Página consultada el 7 de Enero de 2017).

Université de Montréal. (s.f.). Vivre à Montréal. *En Université de Montréal.*  
[http://www.bei.umontreal.ca/bei/mtl\\_climat.htm](http://www.bei.umontreal.ca/bei/mtl_climat.htm) (Página consultada el 28 de Marzo de 2017).

Ville de Montréal. (s.f. a). Qu'est-ce que le programme Éco-quartier? *En Ville de Montréal.*  
[http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?\\_pageid=7237,75372003&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=7237,75372003&_dad=portal&_schema=PORTAL) (Página consultada el 7 de Febrero de 2017).

Ville de Montréal. (s.f. b). Chaleur extrême. *En Ville de Montréal.*  
[http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?\\_pageid=7637,82363585&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=7637,82363585&_dad=portal&_schema=PORTAL) (Página consultada el 27 de Marzo de 2017).

Von Stulpnagel, A., Horbert, M. & Sukopp, H. (1990). The importance of vegetation for the urban climate. *In* Sukopp, H. (ed.) *Urban Ecology*. The Hague: SPB Academic publishing.

Washbourne, C. L., Renforth, P. & Manning, D. (2012). Investigating carbonate formation in urban soils as a method for capture and storage of atmospheric carbon. *Sci. Total Environment*, 431, 166-175.

WCED. (1987). *Our Common Future*, Oxford University Press. New York.

Weatherbase. (2016). Climate summary for Philadelphia, Pennsylvania. *In* Weatherbase. <http://www.weatherbase.com/weather/weathersummary.php3?s=80427&cityname=Philadelphia%2C+Pennsylvania%2C+United+States+of+America&units=> (Página consultada el 20 de Noviembre de 2016).

Weathers, K. C., Cadenasso, M. L. & Pickett, S. T. A. (2001). Forest edges as nutrient and pollutant concentrators: potential synergisms between fragmentation, forest canopies, and the atmosphere. *Conservation Biology*. 15 (6), 1506-1514.

Whitford, V., Ennos, A. R. & Handley, J.F. (2001). City form and natural process – indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK. *Landscape and Urban planning*, 57 (2), 91-103.

Wilhelmi, O. V. & M. H., Hayden. (2010). Connecting people and place: a new framework for reducing urban vulnerability to extreme heat. *Environmental Research Letters*, 5, 014021.

Wolch, J. R., Byrne, J. & Newell, J. P. (2014). Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities “just green enough”. *Landscape and urban planning*, 125, 234-244.

Wong, T. & Yuen, B. (2011). Understanding the origins and evolution of Eco-city Development: An Introduction. *In* T. Wong; B. Yuen (Ed.), *Eco-city planning policies, practice and design*. Springer, New York. pp.1-14.

Yigitcanlar, T. & Dizdaroglu, D. (2015). Ecological approaches in planning for sustainable cities. A review of the literature. *Global J. Environ. Sci. Manage.*, 1(2), 159-188.