

Hacia un pensamiento complejo de la sustentabilidad
y el quehacer urbanoarquitectónico

HACIA UN PENSAMIENTO
COMPLEJO DE LA
SUSTENTABILIDAD
Y EL QUEHACER
URBANOARQUITECTÓNICO

JOSÉ ANTONIO GARCÍA AYALA
(COORDINADOR)



D.R. © Responsivo exclusivo del contenido intelectual: José Antonio García Ayala,

Primera edición: noviembre de 2017

Diseño de portada: César Susano

Diseño y cuidado editorial: Colofón S.A. de C.V.

Franz Hals 130,

Col. Alfonso XIII,

Delegación Álvaro Obregón, C.P. 01460

Ciudad de México, 2017.

www.paraleer.com • Contacto: colofonedicionesacademicas@gmail.com

ISBN: 978-607-8513-35-2

Prohibida su reproducción por cualquier medio mecánico o electrónico sin la autorización escrita de los editores.

Impreso en México • *Printed in Mexico*

El tiraje consta de 500 ejemplares.

Este libro es producto del proyecto de investigación titulado: Análisis de la Urbanización Sociocultural de los Espacios Públicos del Tiempo Libre desde un Enfoque Complejo, con registro SIP: 20160894, financiado por el Instituto Politécnico Nacional.

Esta obra fue recibida por el Comité Interno de Selección de Obras de Colofón Ediciones Académicas para su valoración en la sesión del primer semestre de 2017, se sometió al sistema de dictaminación a “doble ciego” por especialistas en la materia, el resultado de ambos dictámenes fueron positivos.

ÍNDICE

Introducción	11
--------------	----

PRIMERA PARTE

DE LA SUSTENTABILIDAD A LA COMPLEJIDAD AMBIENTAL

I. SISTEMAS COMPLEJOS Y LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO; ASPECTOS TEÓRICO METODOLÓGICOS PARA ESTUDIOS NO CONVENCIONALES, EN ESTA ETAPA DE LOS NUEVOS PARADIGMAS: COMPLEJIDAD, SUSTENTABILIDAD, PLANEACIÓN ESTRATÉGICA PARTICIPATIVA, PROYECTO URBANO, PATRIMONIO EXTENDIDO, ENTRE OTROS	
RAFAEL LÓPEZ RANGEL	19
Resumen	19
Los sistemas complejos y la Zona Metropolitana de la Ciudad de México	19
Preguntas conductoras finales, en busca de las estrategias complejas	23
Los grandes retos del pensamiento y de las estrategias complejas	23
II. LO CONCRETO COMPLEJIZADO EN EL DESARROLLO SOCIALMENTE NECESARIO Y SUFICIENTE	
ROQUE JUAN CARRASCO AQUINO	25
Resumen	25
Objetivos	26
La metodología	26
El marco conceptual	26
Las principales conclusiones	27
Introducción	27
Los sistemas complejos y la ciudad	32

Los primeros intentos para explicar lo complejo o lo concreto complejizado	37
Sobre el planteamiento de la “complejidad” como lo concreto complejizado	42
La idea que va contra lo sustentable: el desarrollo socialmente necesario y suficiente	47
Inclusión (sin credo ni exclusión)	48
Cooperativas de producción incluyentes con determinación consensuada	48
Estructura democrática, mayor participación y dinamismo crítico	48
Inversión para el desarrollo, superando desigualdades	49
Ventajas para la fuerza de trabajo y la comunidad	49
Planificar para el presente y racionalizar para el futuro	49
A manera de conclusión	49
Fuentes de información	51
III. COMPLEJIDAD AMBIENTAL EN LOS SISTEMAS URBANOS	
DELIA PATRICIA LÓPEZ ARAIZA HERNÁNDEZ	53
Resumen	53
Palabras clave: complejidad ambiental, sistemas urbanos,	
Teoría General de Sistemas	53
Teoría del lugar central (1933)	61
Metodología de análisis	63
Conclusiones preliminares	65
Fuentes de información	66
IV. LA HABITABILIDAD Y LA SUSTENTABILIDAD, DESDE EL ENFOQUE COMPLEJO	
JUAN RAYMUNDO MAYORGA CERVANTES Y JOSÉ ANTONIO SOTO RUÍZ	67
Resumen	67
Introducción	67
Habitabilidad y sustentabilidad	69
El ambiente, el ser humano y la habitabilidad	69
La holística, los sistemas y los modelos en Arquitectura	70
Habitabilidad y sustentabilidad como fenómenos complejos	72
Enfoque sistémico y holístico	72
Lo habitable y sustentable en la arquitectura	74
Fuentes de información	84

V. ¿ARQUITECTURA SUSTENTABLE? UNA VISIÓN DESDE LOS SISTEMAS COMPLEJOS	
JUAN CARLOS EMMANUEL ESPINOZA MEJÍA Y YESIKA VILLA CAMPOS	85
Resumen	85
Complejos	85
Presentación	85
Introducción	89
Consideraciones finales	95
Fuentes de información	96

SEGUNDA PARTE

LA PRODUCCIÓN URBANOARQUITECTÓNICA
DESDE UN ENFOQUE COMPLEJO

VI. LA COMPLEJIDAD Y LA PARTICIPACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE ARQUITECTURA Y CIUDAD	
RICARDO ANTONIO TENA NÚÑEZ	101
Resumen	101
1. Sobre los autores y la obra	101
2. La pertinencia del libro	102
3. El texto, complejidad y diversidad	103
Fuentes de información	105
VII. IMPACTO DE LA BAJA TENDENCIAL DE LA TASA DE GANANCIA EN EL AMBIENTE SOCIOURBANO DE LA METRÓPOLI	
RUBÉN CANTÚ CHAPA	105
Resumen	105
Palabras clave: baja tendencial de la tasa de ganancia, ambiente sociourbano y metrópoli	105
La superpoblación relativa en el ámbito urbano	105
La baja de la tasa de ganancia y la superpoblación relativa	108
¿Cómo se expresa la ley de la baja tendencial de la tasa de ganancia en la ciudad?	113
¿En qué consiste, entonces, la enajenación del trabajo?	113
La baja tendencial de la tasa de ganancia en el ambiente sociourbano del Centro Histórico	114
Fuentes de información	118

VIII. DESTERRITORIALIZACIÓN Y EL SECTOR SERVICIOS NACIENTE EN AZCAPOTZALCO. UN ENFOQUE DESDE LA COMPLEJIDAD	
GENARO HERNÁNDEZ CAMACHO	119
Resumen	119
Introducción	119
Lógica territorial de la modernidad	120
Alternativas poblacionales	130
Conclusiones	136
Fuentes de información	138
IX. CLIMATOLOGÍA URBANA: EL CASO DE LA CIUDAD DE MÉXICO	
ROCÍO GONZÁLEZ DE ARCE ARZAVE	141
Resumen	141
¿Qué es la climatología urbana?	142
El clima urbano, sus alteraciones y el caso de la Ciudad de México	142
Propuestas para mitigar las alteraciones del clima urbano.	147
Fuentes de información	148
X. SISTEMAS COMPLEJOS MÁS ALLÁ DE LA UTOPIÁ. LA VIVIENDA INDÍGENA EN MÉXICO	
ESTANISLAO GREGORIO LUNA Y RITA MORALES MARTÍNEZ	151
Resumen	151
Fuentes de información	166

IX. CLIMATOLOGÍA URBANA: EL CASO DE LA CIUDAD DE MÉXICO³

BIO. ROCÍO GONZÁLEZ DE ARCE ARZAVE⁴

Resumen

Este texto hace una revisión de algunas de las más destacadas investigaciones sobre climatología urbana, poniendo énfasis en aquellas en las que se estudia el caso de la Ciudad de México. En él se describen las principales alteraciones que sufre el clima urbano por fenómenos como islas de calor, islas de lluvia, islas de sequedad, noche ultravioleta y lluvia ácida; y cómo estos fenómenos inciden en la frecuencia de ondas de calor, tormentas eléctricas, granizadas, heladas y niebla, así como en la circulación de los vientos y en el agravamiento de la contaminación atmosférica y de la formación de ozono. El trabajo expone, además, algunas de las propuestas para mitigar y/o revertir estas alteraciones climáticas. Así, el texto busca ser una guía introductoria a la climatología urbana y destacar su importancia para el estudio de la ciudad y sus transformaciones. Esta guía está dirigida, principalmente aunque no de forma exclusiva, a estudiantes de licenciatura y posgrado de las áreas de arquitectura, urbanismo y planeación territorial que deseen adentrarse en el estudio de esta disciplina.

¿Qué es la climatología urbana?

Antes de definir la climatología urbana, es necesario establecer la diferencia entre tiempo meteorológico y clima. El tiempo meteorológico se refiere al “estado de la atmósfera en un momento y lugar determinados” (Garduño, 2003:17). La meteorología se encarga del estudio de este estado, “de su distribución espacial y de su evolución temporal en cosa de horas o días” (Garduño, 2003:17). El clima es, en cambio, “el promedio de las condiciones meteorológicas en periodos del orden de

³ Nota aclaratoria. El siguiente texto es en gran medida producto de los esfuerzos del doctor en urbanismo, Rafael López Rangel, por integrar al estudio de la ciudad el enfoque de los sistemas complejos y de la transdisciplinariedad. Ha sido escrito como parte de los materiales didácticos que el equipo multidisciplinario del Dr. López Rangel genera constantemente, con el propósito de impulsar la incorporación de una visión transdisciplinaria en los temarios de los cursos de licenciatura y posgrado que el propio Dr. López Rangel imparte en distintas universidades públicas.

⁴ Bióloga egresada de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Desde hace 13 años forma parte del equipo multidisciplinario de trabajo del Dr. Rafael López Rangel, con quien ha participado en un conjunto de investigaciones en torno a la ciudad y sus transformaciones.

un mes y mayores” (Garduño, 2003:17), y la climatología es la disciplina encargada de su estudio.

Según Moreno García (1999:9), “la climatología urbana tiene como objeto de estudio principal el conocimiento preciso de los mecanismos propios del clima urbano y la evaluación de la alteración climática causada por la ciudad”.

Para estudiosos como López Rangel (2015:16), la ciudad es un sistema complejo atravesado por múltiples procesos que se interdefinen. Entre estos procesos se encuentran los medioambientales. El clima, que constituye una categoría compleja en sí misma, forma parte de dichos procesos, y es en este sentido que el estudio de la urbe pasa necesariamente por el estudio de su clima.

Puesto que la manera en que se planifican y construyen las ciudades tiene consecuencias sobre el clima, conocer estas consecuencias es fundamental para proponer medidas que mitiguen, eviten o reviertan las alteraciones que sufre el clima en las urbes. Por otra parte, el clima incide en procesos urbanos como la calidad ambiental, el confort humano, el consumo energético, la salud pública, la vulnerabilidad urbana y las actividades productivas. Todo esto convierte a la climatología urbana en una herramienta indispensable para planificar la ordenación del espacio urbano.

El clima urbano, sus alteraciones y el caso de la Ciudad de México

El clima de una ciudad está determinado, entre muchos otros factores, por la latitud y la topografía en que se asienta la urbe, los cuerpos de agua que contiene, la cobertura de su suelo, el tamaño y la estructura urbana, sus emisiones contaminantes, el calor antropogénico que genera y el número de personas que la habitan.

Considerando que la Ciudad de México se ubica en una cuenca endorreica que, de acuerdo con Ezcurra (1996), en el año 1000 a.C. estaba cubierta por cinco lagos —actualmente desaparecidos— con una superficie de alrededor de 1500 km²; resulta casi inevitable concluir que el clima de la ciudad ha sufrido severos cambios desde su fundación como México-Tenochtitlan en 1325, hasta nuestros días. De hecho, el investigador Jáuregui Ostos (2000:16) sostiene que, en la época prehispánica, el clima de la cuenca era más húmedo y menos extremo que en la actualidad, las temperaturas no eran tan elevadas al mediodía, como lo son ahora, y los fríos no eran tan intensos.

Así pues, entre las alteraciones climáticas generadas por las ciudades, encontramos la aparición de fenómenos como las islas de calor, las islas de lluvia, las islas de sequedad y la noche ultravioleta; la intensificación de las ondas de calor, las tormentas eléctricas y las granizadas; la disminución en la frecuencia de heladas y niebla; la alteración de la circulación de los vientos, y el agravamiento de fenómenos como la lluvia ácida, el ozono y la contaminación atmosférica.

Las ciudades alteran el balance local al absorber mayor radiación solar directa, liberar más radiación de onda larga en forma de calor e impedir su disipación. La

alteración de este balance energético produce la aparición de fenómenos como las islas de calor.

López Martín, Cabrera Mollet y Cuadrat Prats definen la isla de calor como

una anomalía térmica de signo positivo que suele localizarse en el interior de las ciudades y que se manifiesta en el hecho de que las temperaturas sean superiores en los centros urbanos que en los espacios periurbanos o rurales que la circundan (2007:).

Para Jáuregui Ostos (1991:50) “este contraste térmico ciudad/campo es más acentuado al amanecer y durante la estación seca (que usualmente coincide con los meses fríos)”. Este autor reporta que, en la Ciudad de México, el contraste térmico entre la periferia y el centro urbano llega a ser de hasta 10°C.

De acuerdo con la investigadora Elda Luyando (en Martínez, 2009), las demarcaciones de la megalópolis más afectadas por las islas de calor urbano son Gustavo A. Madero, Azcapotzalco, Venustiano Carranza, Cuauhtémoc, Naucalpan, Nezahualcóyotl, Tlalnepantla, Ecatepec y Tultepec.

Ahora bien, ¿qué contribuye a la formación de las islas de calor?

Son determinantes en la formación de islas de calor las propiedades térmicas y físicas de los materiales con los que se construyen las ciudades, entre ellas: albedo solar,¹ emisividad infrarroja,² porosidad y capacidad de almacenamiento de humedad.

Los materiales de construcción que se utilizan en las ciudades —concreto, cemento, pavimento e impermeabilizantes— suelen tener un menor albedo, una mayor emisividad infrarroja y una menor porosidad y capacidad de almacenamiento de humedad.³ De acuerdo con Caballero Ranchal (2004:573), ello ocasiona que las ciudades “se calienten lentamente durante el día [...], acumulen más energía calorífica que las superficies rurales y la transmitan también con mayor lentitud a la atmósfera durante la noche, retrasando el enfriamiento del aire en contacto con ellos”.

También influyen en la formación de islas de calor la extensión de la ciudad y la estructura urbana. En el primer caso, entre más extensa es una ciudad, el contraste térmico entre el centro urbano y su periferia es mayor.

Por lo que respecta a la estructura urbana, el que en las ciudades los espacios verdes sean escasos y reducidos impide mitigar y/o revertir el efecto de las islas de calor. De acuerdo con Moreno García (1999:68), “los parques y jardines urbanos

¹ El *albedo* es la “relación, expresada en porcentaje, de la radiación que cualquier superficie refleja sobre la radiación que incide sobre la misma” (Pancorbo Floristán, 2011:557). Las superficies claras y brillantes tienen valores de albedo superior a las oscuras y mates.

² La *emisividad* es la medida de la capacidad de un material de radiar energía calorífica.

³ Humedad y evaporación.

de muchas ciudades constituyen verdaderas islas o islotes de frescor⁴ de variados tamaños e intensidades”. Jáuregui Ostos (1975) reporta que el bosque de Chapultepec de la Ciudad de México se comporta como “una ‘isla fría’ dentro de la ciudad, debido a la evapotranspiración⁵ y a la relativa ausencia de fuentes de calor”.

A la escasez de áreas verdes se aúna el sobredimensionamiento de calles, plazas y áreas de estacionamiento “cubiertos con pavimentos con un alto poder calorífico conocidos como pavimentos ‘duros’”; así como una creciente densidad edificatoria de los centros urbanos (Caballero Ranchal, 2004:572-573). Agravan el problema de las islas de calor la orientación de edificios y calles que favorecen la reducción de la velocidad del viento y una menor pérdida de calor sensible⁶ (Cordero Ordóñez, 2014:25).

Las islas de calor son también provocadas por cañones urbanos⁷ cada vez más angostos y con un factor de visión de cielo (FVC)⁸ mínimo, que contribuyen a una gran absorción de radiación durante el día y a su lenta liberación durante las noches.

Otro factor que favorece la formación de islas de calor es la emisión de contaminantes que impiden la disipación del calor acumulado en la atmósfera, pues éstos retienen gran parte de la radiación infrarroja emitida por la ciudad y la regresan a la superficie. Al problema se suma el del calor de origen antropogénico producido por la quema de combustibles en vehículos y fábricas, así como el uso extensivo de alumbrado y sistemas de calefacción (Moreno García, 1999:23-24).

La ausencia de cuerpos de agua al interior de las ciudades es también un factor contribuyente a la formación de islas de calor, pues ríos, lagos y lagunas mitigan, por medio de la evaporación, el aumento de la temperatura asociado a este fenómeno. Además, las superficies urbanas son generalmente impermeables, por lo que hay un rápido desagüe pluvial que impide la evaporación y, por tanto, la pérdida de calor de la urbe (Voogt, 2008).

Las islas de calor, por su parte, contribuyen a aumentar la frecuencia de las llamadas ondas de calor.⁹ De acuerdo con Jáuregui Ostos (2009:71-76), en la segunda mitad del siglo XX se ha observado un incremento de la frecuencia de ondas de calor, en paralelo al crecimiento de la Ciudad de México, lo que muy posiblemente se deba a que, a medida que creció la ciudad, se intensificó la llamada *isla de*

⁴ De acuerdo con Moreno García (1999:68), una isla o islote de frescor es un “núcleo con una temperatura menor dentro de las islas de calor urbanas”.

⁵ Según Taha (1997:101) la evapotranspiración (evaporación y transpiración) de los sistemas vegetales es un efectivo moderador climático que puede crear “oasis” entre 2 y 8°C más fríos que los alrededores.

⁶ Para Garduño (1998:166) el calor sensible es “el que baja la temperatura al perderse, y la sube al ganarse”.

⁷ Moreno García (1999:27) define el cañón urbano como el “volumen de aire delimitado por las paredes y el suelo (normalmente de una calle) entre dos edificios adyacentes”.

⁸ Para Moreno García (1999:67), el factor de visión de cielo (FVC) “evalúa la porción de cielo visible a la que puede ser devuelta, sin ningún impedimento, la irradiación”.

⁹ Jáuregui Ostos (2000:84) refiere que una onda de calor se presenta “cuando la temperatura máxima (poco después del mediodía) rebasa ciertos límites durante un periodo determinado (30°C por más de dos días consecutivos en el caso de la Ciudad de México)”.

calor urbano. Las ondas de calor inciden en el confort urbano, en el consumo de agua y energético (Moreno García, 1999:34), así como en la salud de la población, pues propician el aumento de casos de deshidratación, insolación y enfermedades gastrointestinales.

Otra consecuencia de las islas de calor es el fenómeno conocido como *brisa urbana*. Moreno García (1997:93) refiere que el contraste térmico ocasionado por las islas de calor crea “diferencias locales de presión que desencadenan el establecimiento de una brisa que, procedente del campo o las afueras, se dirige hacia la ciudad, donde en el centro urbano alimenta en superficie al tiro convectivo vertical que se produce sobre el mismo”.

Jáuregui Ostos (2000:62) agrega que “este patrón de vientos convergentes no favorece la dispersión de contaminantes hacia afuera de la ciudad”, y que ello muchas veces se combina con la inversión térmica¹⁰ para producir “situaciones críticas de contaminación atmosférica”. En el caso de la Ciudad de México, Jáuregui Ostos (2000:60) reporta que la brisa urbana favorece “la presencia de una circulación ciclónica (es decir, los vientos giran ahí en un remolino en sentido contrario a las manecillas del reloj) en la porción norte de la ciudad”. Esto es especialmente grave, pues es en el norte donde se concentra gran parte de la industria que se asienta en la megalópolis.

Como se apuntó con anterioridad, el fenómeno de la brisa urbana provocado por las islas de calor no favorece la dispersión de contaminantes. La concentración de estos contaminantes tiene graves efectos sobre la salud, y contribuye, además, a la formación de gas ozono¹¹ que también afecta la salud de los habitantes de las urbes (Jáuregui Ostos, 2000:84).

La capa de contaminantes que se extiende sobre las ciudades produce además el fenómeno conocido como *noche ultravioleta*. Según Jáuregui Ostos (1991:51), “los contaminantes atmosféricos de la ciudad son muy eficaces para dispersar la energía solar de onda corta”, y este filtrado de la luz solar, al que se conoce como noche ultravioleta, “tiene implicaciones en la incidencia de enfermedades como el raquitismo y el cáncer de piel”.

Las islas de calor propician, además, el fenómeno de las islas de lluvia: precipitaciones convectivas extremas vinculadas a los centros urbanos. Según Jáuregui Ostos (1995:28), las islas de lluvia se atribuyen a la presencia de la ciudad porque ésta: “proporciona gran cantidad núcleos de condensación a las nubes convectivas”, “imprime un impulso vertical adicional a las nubes por la presencia de aire tibio (de la isla de calor)”, y “acelera el proceso convectivo por una mayor turbulencia” debida a la rugosidad de la ciudad.

¹⁰ Jáuregui Ostos (2000:83) define la inversión térmica como “la situación atmosférica de una capa de aire (posada en el suelo o a cierta altura), en la cual la temperatura aumenta en vez de disminuir con la altura”.

¹¹ El ozono es un “gas que se forma en la atmósfera urbana como resultado de la acción de los rayos solares (ultravioleta) sobre los gases que se emiten por la combustión en vehículos y fábricas”.

Para el caso específico de la Ciudad de México, Jáuregui Ostos (2000:44-45) ubica las islas de lluvias en el poniente de la urbe, y agrega que la frecuencia de los aguaceros vinculados a estas islas sufrió un aumento a partir de los años sesenta. Las lluvias extremas asociadas a las islas de lluvia suelen tener numerosas afectaciones en la ciudad, pues ocasionan inundaciones, caos vial, cortes en el suministro eléctrico, etc. (Jáuregui Ostos, 1995:28).

Ahora bien, aunque las lluvias permiten disminuir el nivel de contaminantes atmosféricos de las urbes, es importante considerar la existencia de un fenómeno tan perjudicial como el de la lluvia ácida.

Se considera lluvia ácida a la que presenta valores de pH menores a 5.6, debido a la presencia de ácidos fuertes, como el sulfúrico y el ácido nítrico (Bravo *et al.*, 1991:34). De acuerdo con estos autores, la presencia de estos ácidos se debe a la combinación del agua de lluvia con las emisiones atmosféricas por el uso de combustibles fósiles y de desechos, así como por la utilización de fertilizantes. Los autores concluyen que la lluvia ácida tiene efectos negativos sobre materiales de construcción, la vegetación y los ecosistemas acuáticos. Finalmente, y de acuerdo con la nota de los editores de la revista *Ciencias* (“La lluvia ácida” 1982:54) los efectos de la lluvia ácida sobre la salud se deben a que “en determinados suelos y cuerpos de agua existen metales pesados que al combinarse con lluvia ácida, se disuelven en forma de sales quedando listos para ser introducidos en la cadena alimenticia”.

Las islas de calor también alteran la frecuencia con que ocurren heladas, tormentas eléctricas, granizadas y niebla¹² en las ciudades. Jáuregui Ostos (2000:43-50) reporta que las heladas y nieblas disminuyen su frecuencia hacia el centro de las urbes; mientras que las granizadas y tormentas eléctricas asociadas a las islas de lluvia y las islas de calor aumentan su frecuencia.

Tanto las tormentas eléctricas como las granizadas pueden ocasionar cortes de energía eléctrica y caos vial. Además, las tormentas eléctricas significan un grave riesgo para la población cuando las descargas tienen lugar de las nubes al suelo o viceversa (Jáuregui Ostos, 2000:46). Las granizadas, por su parte, pueden ocasionar daño a cultivos, áreas verdes y viviendas, en especial en zonas pobres donde los materiales de construcción son el cartón y la lámina (Jáuregui Ostos, 2000:47).

Aunque pudiera parecer paradójico, las islas de calor que favorecen la formación de islas de lluvia en las ciudades tienen como consecuencia la aparición de lo que Moreno García (1999:68) denomina *islas de sequedad*. De acuerdo con esta autora, se trata de un fenómeno que “consiste en que el centro urbano o los sectores más cálidos presentan asimismo valores de humedad relativa¹³ más bajos que

¹² “La niebla baja se produce cuando en una mañana fría, la temperatura desciende a tal punto que se produce la saturación del aire y la posterior condensación del vapor de agua” (Jáuregui Ostos, 2000:84).

¹³ La humedad relativa es el “cociente de la humedad absoluta actual entre la humedad absoluta de saturación” (Garduño, 2003:163).

los de los alrededores o áreas rurales”. La autora (1999:66, 68) explica este fenómeno como resultado de la baja evapotranspiración urbana, producto de la pobre capacidad de infiltración de los materiales urbanos, de la eficacia de los sistemas de drenaje urbano que eliminan rápidamente el agua de la superficie, y de la ausencia de áreas verdes que almacenen el agua de lluvia en el suelo. Moreno García (1997:96) apunta que “por término medio, la humedad relativa en las ciudades se reduce aproximadamente en un 5%, pero en noches despejadas y en calma puede llegar a entre 20 y 30%”.

Propuestas para mitigar las alteraciones del clima urbano

Existe una gran cantidad de propuestas para contrarrestar las alteraciones del clima urbano. Mencionamos aquí sólo algunas:

- Disminución de la densidad poblacional de las urbes.
- Diseño de corredores de ventilación.
- Creación de cinturones verdes alrededor de las zonas urbanas.
- Restauración y mantenimiento de bosques y parques urbanos.
- Conservación de cuerpos de agua con el objeto de incrementar la evaporación y evapotranspiración.
- Implementación de azoteas y paredes verdes.
- Reemplazamiento de los materiales de construcción de gran absorción de radiación con materiales altamente reflejantes.
- Consideración del factor de cielo abierto y del cañón urbano en la planificación de la ciudad.
- Disminución de las emisiones de calor antropogénico reduciendo la quema de combustibles y el consumo energético.
- Disminución de la emisión de contaminantes a la atmósfera, a través de tecnologías, procesos industriales y sistemas de transporte más eficientes.

Éstas son sólo algunas de las muchas propuestas a debate. Su aplicación, sin embargo, no puede, ni debe ser, individual, simplista o a rajatabla. No existen fórmulas de fácil aplicación para enfrentar el problema de las alteraciones del clima y del medio ambiente urbano. Se requiere partir de un diagnóstico elaborado desde la complejidad del problema, para poder plantear un conjunto de acciones que realmente permitan mitigar y revertir el proceso de deterioro del clima de las urbes.

Fuentes de información

- Bravo A., H. Sosa E., R. y R. Torres J. (1991). Ozono y lluvia ácida en la Ciudad de México. *Ciencias*, 22, 33-40.
- Caballero Ranchal, E. (2004). Microclimas urbanos: La importancia de los materiales. En: J. C. García Codron, C. Diego Liaño, P. Fdez. de Arróyabe Hernández, C. Garmendia Pedraja y D. Rasilla Álvarez, *El clima entre el mar y la montaña*. Santander: Asociación Española de Climatología / Universidad de Cantabria.
- Cordero Ordóñez, X. (2004). *Microclima y confort térmico urbano: Análisis sobre la influencia de la morfología del cañón urbano. Caso de estudio en los barrios El Raval y Gracia, Barcelona*. (Tesis de maestría inédita). Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona, España.
- Ezcurra, E. (1996). *De las chinampas a la megalópolis: El medio ambiente en la cuenca de México*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Garduño, R. (2003). *El veleidoso clima*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Jáuregui Ostos, E. (1975). Microclima del bosque de Chapultepec. *Boletín del Instituto de Geografía*, 6, 63-72.
- Jáuregui Ostos, E. (1991). El clima urbano y su relación con los contaminantes del aire. En: J. H. Gutiérrez Ávila, G. Corey O. e I. Romieu. *Curso básico sobre contaminación del aire y riesgos para la salud*. México: Organización Panamericana de la Salud / Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud.
- Jáuregui Ostos, E. (1995). Algunas alteraciones de largo periodo del clima de la Ciudad de México debidas a la urbanización: Revisión y perspectivas. *Investigaciones Geográficas*, 31, 9-44.
- Jáuregui Ostos, E. (2000). *El clima de la Ciudad de México*. México: UNAM-Instituto de Geografía / Plaza y Valdés.
- Jáuregui Ostos, E. (2009). The heat spells of Mexico City. *Investigaciones Geográficas*, 70, 71-76.
- La lluvia ácida. (julio-agosto, 1982). *Ciencias*, 2, 54.
- López Martín, F., Cabrera Mollet, M. y Cuadrat Prats, J. M. (2007). *Atlas climático de Aragón*. Gobierno de Aragón, España.
- Martínez, E. (9 de abril de 2009). Islas de calor ahogan a la ciudad. *El Universal*. Recuperado de <http://archivo.eluniversal.com.mx/ciudad/94876.html>
- Moreno García, M. C. (1997). Una propuesta de terminología castellana en climatología urbana. *Investigaciones Geográficas*, 17, 89-98.
- Moreno García, M. C. (1999). *Climatología urbana*. Edicions Universitat de Barcelona.
- Pancorbo Floristán, F. J. (2011). *Corrosión, degradación y envejecimiento de los materiales empleados en la edificación*. España: Marcombo.

- Taha, H. (1997). Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. *Energy and Buildings*, 25, 99-103.
- Voogt, J. A. (2008). *Islas de calor en zonas urbanas: Ciudades más calientes*. Recuperado de <http://www.actionbioscience.org/esp/ambiente/voogt.html>