



# Capítulo 7

## Isla de calor urbana

### Introducción

En este capítulo se introduce el concepto de “Isla de Calor Urbana” y la situación en la Ciudad de Buenos Aires. Además, se exploran diferentes estrategias para contribuir a su reducción.

Estas estrategias tienen importantes beneficios, entre ellos: descenso de la temperatura y de la demanda energética, disminución de la contaminación atmosférica y reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. En este sentido, avanzar sobre el desarrollo de medidas para mitigar la isla de calor urbana contribuye a enfrentar el cambio climático global.





## Isla de calor urbana y cambio climático

Los cambios radicales en el paisaje que genera el desarrollo de los centros urbanos, como el reemplazo de los espacios abiertos y la vegetación por edificios, calles e infraestructura urbana, implican la sustitución de superficies permeables y húmedas por asfalto y cemento. Este proceso conduce a la formación de lo que se conoce como isla de calor urbana.

Este fenómeno hace referencia a que principalmente durante noches sin viento y escasa nubosidad, las ciudades suelen ser más cálidas que el medio rural que las rodea. En general, la temperatura en la ciudad se distribuye de forma tal que los valores más altos se registran en el área céntrica donde las construcciones forman un conjunto denso y compacto<sup>1</sup>.

### La Isla de Calor Urbana en Buenos Aires

Aires tiene un ciclo diario bien definido que se debe principalmente a las diferencias en las velocidades con que se calientan y enfrián las superficies urbanas y rurales en respuesta a los cambios de insolación a lo largo del día.<sup>2</sup>

La expresión “isla de calor urbana” surgió en 1958, cuando el climatólogo inglés Gordon Manley relacionó la reducción de las precipitaciones de nieve en las ciudades inglesas con el aumento de las temperaturas en los ámbitos urbanos. Las islas de calor en las ciudades se originan principalmente por el avance del desarrollo y los cambios en las propiedades térmicas

y reflectivas de la infraestructura urbana, así como también por el impacto que tienen los edificios sobre el microclima local. La ubicación geográfica de una ciudad, las variables del clima local y la intensidad de cambios estacionales también afectan su formación.

El calentamiento que resulta de la isla de calor urbana es un ejemplo de cambio climático local. Difiere del cambio climático global fundamentalmente en que sus efectos se limitan a un área determinada y van decreciendo a medida que uno se aleja de la misma.

Los impactos de la isla de calor urbana y del calentamiento global son a menudo muy similares. Por ejemplo, algunos sitios experimentan períodos más largos de crecimiento de plantas debido a uno o ambos fenómenos. La isla de calor y el calentamiento global también pue-

den aumentar la demanda energética, en particular en verano, junto con la contaminación atmosférica y las emisiones de gases de efecto invernadero.

### Factores que contribuyen a la formación de la isla de calor urbana

#### Vegetación

En las áreas rurales, la vegetación y los espacios amplios y abiertos dominan el paisaje. Los árboles y las plantas no sólo dan sombra; también ayudan a disminuir la temperatura de la tierra y la del aire, esta última por evapotranspiración, al liberar agua que disipa el calor en la atmósfera.

Las ciudades, por el contrario, se caracterizan por tener superficies secas e impermeables como techos, veredas, calles

<sup>1</sup> Camilloni, I. Cambio Climático. En Actualización del Atlas Ambiental de Buenos Aires 2009 ([www.atlasdebuenosaires.gov.ar](http://www.atlasdebuenosaires.gov.ar))

<sup>2</sup> Ídem 1

**Las islas de calor en las ciudades se originan principalmente por el avance del desarrollo y los cambios en las propiedades térmicas y reflectivas de la infraestructura urbana, así como también por el impacto que tienen los edificios sobre el microclima local.**

y estacionamientos. A medida que el desarrollo avanza, las plantas van desapareciendo y son reemplazadas por edificios y pavimento. Este cambio conduce a que haya menos sombra y humedad en el aire para mantener la ciudad fresca y contribuye a que las temperaturas sean más elevadas.



### Materialidad urbana

Las propiedades de los materiales presentes en una ciudad (hormigón, cemento, asfalto, etc.), en particular la reflectancia solar, el grado de emisión térmica y la capacidad específica de calor, también afectan la formación de la isla de calor urbana, ya que determinan de qué manera se refleja, emite y absorbe la energía proveniente del sol. La energía solar se compone de: rayos ultravioletas (5%), luz visible (43%) y energía infrarroja (52%), ésta última percibida en forma de calor<sup>3</sup>.

La reflectancia solar o albedo de una superficie es el porcentaje de energía solar que la misma refleja. Este atributo se relaciona con el color de la superficie; las oscuras tienden a tener valores de reflectancia solar más bajos que las superficies claras. Es por esto que los materiales presentes en las ciudades suelen tener un albedo

bajo. La energía que absorben aumenta la temperatura de las superficies y contribuyen a la formación de islas de calor.

A su vez, el grado de emisión térmica de un material, su habilidad de emitir calor, determina su temperatura. Cuando una superficie con alto grado de emisión térmica es expuesta a la luz del sol, la misma llega al equilibrio térmico a temperaturas menores que una superficie con bajo grado de emisión térmica. La mayoría de los materiales que se utilizan en la construcción, a excepción del metal, tienen valores altos de emisión térmica.

Otra de las propiedades a tener en cuenta cuando se estudia el efecto isla de calor urbana es la capacidad específica de calor de un material, que se refiere a su habilidad de almacenar calor. Muchos materiales empleados en la edificación, como el acero y la piedra, tienen una capacidad específica de calor mucho mayor a la de materiales como la tierra seca y la arena. Como resultado, la ciudad almacena mucho calor dentro de su infraestructura.

### Geometría urbana

La distribución de los edificios en una ciudad afecta la formación de la isla de calor, ya que suele determinar la formación de corrientes de viento y la absorción de energía. Las zonas edificadas ofrecen más superficie de absorción de calor, que irradian lentamente durante la noche. Si los edificios son altos, se produce además el efecto cañón: múltiples reflexiones horizontales de la radiación recibida que aumentan la probabilidad de que ésta permanezca más cerca del suelo.

### Calor antropogénico

El calor antropogénico se refiere al que producen las actividades humanas. Ocurre cuando hay gran población y puede provenir de fuentes distintas; se calcula sumando la energía utilizada para acondicionar y calefaccionar edificios, usar aparatos eléctricos, y la consumida en transporte y procesos industriales.

<sup>3</sup> EPA. Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. 2009.

## Otros factores

El clima y la ubicación geográfica también afectan la formación de islas de calor. Las mismas son más propensas durante períodos de poco viento y cielo despejado, cuando se maximiza la cantidad de energía solar que llega a la superficie y es menor la cantidad de energía reflejada. A su vez, los espejos de agua y los espacios verdes suelen actuar de termorreguladores: moderan la temperatura en una ciudad y generan vientos que pueden remover el calor del aire. Las montañas, por otro lado, pueden bloquear el paso del viento o generar corrientes que ventilan una ciudad.

## Efectos de la isla de calor urbana

Las altas temperaturas de la isla de calor urbana, en particular durante el verano, pueden afectar la calidad ambiental de la ciudad y la calidad de vida de sus habitantes.

### Consumo de energía

El aumento del calor en la ciudad durante el verano incrementa el consumo energético para acondicionamiento de aire, incluso durante la noche cuando los edificios y las calles disipan calor. Esto ejerce presión sobre la capacidad de generación de energía, que a menudo se encuentra saturada. De esta forma, se genera un círculo vicioso perjudicial, ya que los sistemas de climatización provocan también el ascenso de la temperatura y un mayor consumo energético, con el consecuente impacto ambiental.

### Calidad de aire y emisión de GEI

A su vez, el incremento del consumo de energía generalmente agrava la contaminación atmosférica y la emisión de gases de efecto invernadero, y por lo tanto refuerza el cambio climático. Paralelamente, las altas temperaturas favorecen la ocurrencia de reacciones fotoquímicas en la atmósfera y la formación de ozono troposférico y smog. Esto se convierte en un problema, puesto que el ozono, en concentración suficiente, puede provocar daños en la salud humana y en la vegetación y contribuye al

calentamiento de la superficie terrestre.

### Confort y salud humana

El ascenso de la temperatura durante el día, la reducción del enfriamiento nocturno y los altos niveles de contaminación asociados a la isla de calor urbana pueden afectar la salud humana, ya que generan incomodidad, dificultades respiratorias, agotamiento, calambres y hasta paros cardíacos<sup>4</sup>.

Por otra parte, acrecientan el impacto de las olas de calor y aumentan el riesgo de las poblaciones más vulnerables, como niños, ancianos, y aquellos en situación de pobreza o con condiciones preexistentes. Las elevadas temperaturas crean también condiciones favorables para el aumento de vectores, que al combinarse con bajas condiciones higiénicas y el almacenamiento de agua, provocan un aumento del riesgo de enfermedades como el dengue, debido a la expansión de las poblaciones del mosquito transmisor.

### Calidad de Agua

La isla de calor urbana puede provocar además contaminación térmica en los espejos de agua que se sitúan próximos a una ciudad. El exceso de calor que se acumula en el pavimento y en los techos se transfiere al agua de lluvia durante una tormenta, y luego es volcada a arroyos y ríos. La temperatura afecta todos los aspectos de la vida acuática, en especial el metabolismo y la reproducción de muchas especies. Por este motivo, los cambios bruscos en la temperatura como resultado de la escurriente caliente que proviene de las ciudades, pueden ser especialmente nocivos para la salud de un ecosistema.

## Situación en la ciudad de Buenos Aires

En la región central de Argentina, el clima es templado húmedo y la temperatura media es de 17,6 °C. Los registros no muestran fuertes tendencias hacia temperaturas medias más elevadas, pero se observa

4 Idem 3

que los veranos tienden a ser más largos y prolongarse en el otoño, mientras que los inviernos suelen ser más moderados. En las regiones urbanas, las temperaturas tienden a ser mayores a las registradas en el área suburbana o rural circundante.

La Ciudad de Buenos Aires en particular acostumbra a tener temperaturas de 1.5 a 3.5 °C más altas que sus alrededores<sup>5</sup>, fenómeno atribuible al efecto isla de calor.

El rápido crecimiento edilicio que ha experimentado Buenos Aires, junto con la falta de planificación, ha contribuido en gran parte a que la ciudad se transforme en una isla de calor. Sucede que cada vez son más numerosas las superficies secas e impermeables, que absorben e irradian grandes cantidades de calor. Para re establecer el balance del ecosistema urbano, la ciudad debe encontrar formas de controlar la temperatura, aumentar la permeabilidad de sus superficies, fomentar la biodiversidad y mejorar la salud humana.

## Medidas de mitigación propuestas para paliar los efectos de la isla de calor urbana

### Creación de Nuevos Espacios verdes o ampliación de los existentes

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que las grandes ciudades dispongan, como mínimo, de entre 10 y 15 m<sup>2</sup> de área verde por habitante. Sin embargo, la Ciudad de Buenos Aires tiene 6 m<sup>2</sup> por este concepto, lo que evidencia el déficit en esta materia y la consecuente necesidad de arbitrar los medios para aumentar la cantidad de espacios verdes en Buenos Aires.

En este sentido, el Programa “Haciendo Verde Buenos Aires”, del Ministerio de Desarrollo Urbano, estudia diversas es-

trategias para lograr este objetivo y planea la incorporación de 33 hectáreas de espacios verdes a las 1600 que existen actualmente en la Ciudad.

### Cubiertas Verdes

La tecnología de las cubiertas verdes tiene el potencial de ayudar a mitigar el efecto isla de calor urbana. Se trata de un sistema de ingeniería que permite el crecimiento de vegetación en la parte superior de los edificios (techos o azoteas), manteniendo protegida su estructura. Al igual que en otras áreas verdes, la vegetación que crece sobre una cubierta da sombra a las superficies y remueve calor del aire por evapotranspiración. Estos dos mecanismos reducen la temperatura de la cubierta y del aire que la rodea. De hecho, la superficie de una cubierta verde puede tener una temperatura más baja que la temperatura ambiente, mientras que la de una cubierta convencional suele ser mucho más alta que la del aire a su alrededor.

Las cubiertas verdes tienen un impacto neto positivo sobre el ambiente: además de enfriar el aire y el suelo de una cubierta, mejoran la aislación térmica de los edificios y capturan agua de lluvia, reduciendo inundaciones y niveles de contaminación. También representan un hábitat para especies nativas o migratorias y pueden ayudar a mejorar la calidad de vida.

Los materiales específicos utilizados en este tipo de cubiertas pueden variar según el proyecto, pero todos los techos verdes

**Las cubiertas verdes tienen impactos positivos sobre el ambiente: enfrian el aire y el suelo de una cubierta, mejoran la aislación térmica de los edificios y capturan agua de lluvias. De este modo se reducen inundaciones y niveles de contaminación.**

<sup>5</sup> Centro de Investigación Hábitat y Energía, Cl-HyE- FADU- UBA. Variables de Diseño: estudios en Buenos Aires. Argentina. 2001.

tienen los mismos componentes básicos para funcionar adecuadamente: membrana impermeable, barrera anti-raíces, capa de drenaje y de retención de agua, sustrato de crecimiento y vegetación. El desempeño ambiental de un techo verde está atado al buen funcionamiento de sus componentes; si está bien construido es más efectivo para retener agua, enfriar el aire y lograr el aislamiento térmico del edificio. La estructura sobre la que se soporta la cubierta verde puede ser nueva o preexistente y debe estar diseñada y acondicionada para soportar las cargas y el uso y mantenimiento de dicha cubierta.

#### **Distintos componentes de una cubierta verde:**

**Membrana impermeable / aislación hidrófuga:** La membrana impermeable previene las pérdidas y humedades y es por lo tanto uno de los elementos más importantes de un techo, sea verde o no. Despues de aplicar la membrana impermeable se debe realizar una prueba de detección de pérdidas antes de continuar con el resto de las partes.

**Barrera anti-raíz:** protege la membrana impermeable contra roturas causadas por raíces.

**Capa de retención y drenaje:** El sistema de drenaje es la clave para una buena propagación de especies en el jardín. El agua suele fluir naturalmente en techos inclinados (aquellos con una pendiente mayor a 5°), haciendo que la capa de drenaje sea innecesaria, excepto para ayudar en la retención de agua. Los techos planos, en cambio, necesitan esta capa para dirigir el agua fuera del techo y prevenir el estancamiento de la misma.

**Filtro de tela:** Una capa de geotextil debe ubicarse entre el drenaje y el medio de crecimiento para mantener el sustrato en su lugar.

**Sustrato de crecimiento:** El sustrato es la fundación de la cubierta verde, ofreciendo los nutrientes y el espacio para que las plantas crezcan. Tiene una base mineral,

con un mínimo de material orgánico.

**Selección de plantas:** La selección apropiada de plantas requiere consideración de las características individuales de las plantas y de factores microclimáticos.

Las cubiertas verdes aportan varios beneficios a la Ciudad, tales como:

#### **Clima: Reducción de la temperatura**

La cantidad de energía que refleja una superficie, que determina cuánto se calentará, se llama albedo y se mide del 0 al 1 (de más caliente a más frío). El albedo de un techo de alquitrán o llosa es de 0.08, mientras que el de una azotea con pasto es de 0.25<sup>6</sup>. El asfalto y el hormigón son los materiales que absorben e irradian más calor, y por lo tanto su uso en techos y azoteas contribuye enormemente al efecto isla de calor. Las cubiertas verdes, por otro lado, no sólo son más reflectantes que los techos oscuros, sino que además enfrian el aire. Las plantas en una cubierta verde lo hacen al absorber humedad de la tierra y evaporarla a través de sus hojas, enfriando la superficie de la hoja y el aire que la rodea.

Entre las formas de mitigar el efecto isla de calor encontramos el aumento de la vegetación y la mejora de la reflectividad de las superficies urbanas. Las cubiertas verdes proporcionan ambas y reducen considerablemente el uso individual de energía en un edificio. Mientras que un techo de asfalto promedio puede alcanzar los 70 °C en un día de verano, una superficie cubierta de vegetación no suele exceder los 26 °C<sup>7</sup>. El enfriamiento por evaporación reduce la transferencia de calor del techo al interior del edificio, reduciendo la necesidad de uso de aire acondicionado en el mismo, especialmente en los últimos pisos.

El Consejo de Investigación Nacional de Canadá reportó que los techos verdes reducen más del 75% el promedio de ener-

<sup>6</sup> Atglen. Green Roofs: Ecological Design and Construction. Earth Pledge. 2005.

<sup>7</sup> Idem 6

gía utilizada en una casa de 400 metros cuadrados<sup>8</sup>. Un estudio realizado por la Agencia Ambiental de Canadá sugiere que plantando al menos un 6% (6,5 millones de metros cuadrados), de la superficie de los techos de Toronto se podría reducir de 1 a 2 °C la temperatura del aire en verano en esa ciudad<sup>9</sup>. El estudio demuestra también que la reducción subsecuente en el consumo de energía reduciría aún más la temperatura. Se estima que un enfriamiento de 1 °C resultaría en un 5% de reducción en la demanda de energía en edificios<sup>10</sup>. El impacto sinérgico podría mitigar considerablemente el efecto isla de calor.

### **Mejoras económicas: ahorro energético y aumento del valor inmobiliario**

La popularidad de los espacios verdes también se refleja en los valores inmobiliarios. Muchos desarrollos inmobiliarios en Tokio han comenzado a instalar cubiertas verdes elaboradas que incrementan significativamente el valor del metro cuadrado en los edificios.

Las cubiertas verdes tienen otros beneficios económicos. Mientras las membranas de techo normales duran entre 10 y 15 años, la instalación de un jardín puede duplicar o triplicar la vida útil de la membrana al eliminar la contracción y expansión de la misma por la exposición al sol y los cambios de temperatura<sup>11</sup>.

Además, la aislación que proporciona un techo verde reduce el uso de energía en un edificio. Las cubiertas verdes pueden ayudar a ahorrar energía que se usa en el acondicionamiento térmico del edificio. Cuando la vegetación y la tierra de una cubierta verde están mojadas, absorben y guardan

grandes cantidades de calor, lo que resulta en una reducción de la fluctuación de la temperatura. Cuando el techo está seco, las capas de una cubierta verde actúan de aislante, disminuyendo la entrada de calor por el techo, y por lo tanto reduciendo la cantidad de energía requerida para enfriar el edificio.

En el invierno, el mismo efecto aislante hace que se escape menos calor por el techo, y por lo tanto reduce la necesidad de calefacción. En el verano, baja la demanda total de aire acondicionado porque la vegetación en una cubierta verde reduce la temperatura de la superficie y el aire.

Un informe preparado por la Ryerson University de Canadá en 2006 estimó que el ahorro de energía indirecto de las cubiertas verdes; es decir, el ahorro de energía que se produce por la reducción de la temperatura de la ciudad, es de 2,37 Kwh./m<sup>2</sup>/año.

Por otro lado, el ahorro de energía directo que se produce por la mejora en el aislamiento de un techo en el que se instala una cubierta verde es de 4,15 Kwh./m<sup>2</sup>/año<sup>12</sup>.

### **Reducción de contaminantes y emisiones de dióxido de carbono**

La vegetación elimina contaminantes y gases de efecto invernadero presentes en el aire a través de la deposición seca y la captura y almacenamiento de carbono. Además, la reducción de la demanda de energía resultante de las propiedades aislantes de las cubiertas verdes también reduce la contaminación atmosférica asociada a la producción de energía. Las cubiertas verdes tienen el potencial de eliminar del aire compuestos volátiles orgánicos, material particulado y contaminantes gaseosos como los óxidos de nitrógeno, dióxido sulfúrico, monóxido de carbono y ozono.

8 Idem 6

9 National Research Council Canada. Government of Canada Reveals Major Greenhouse Gas Reductions and Air Quality Benefits from Widespread Use of 'GreenRoofs'. Ottawa, 2002

10 Idem 9

11 Idem 3

12 Ryerson University. Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto. Toronto. 2004.

## **Hidrología: el manejo de aguas de lluvia con techos verdes**

El desarrollo urbano también trastorna el movimiento natural del agua, conocido como el ciclo hidrológico. La precipitación, al no poder infiltrar el asfalto y el hormigón, se escribe y puede inundar la ciudad. En la actualidad, la red de drenaje de la Ciudad de Buenos Aires es insuficiente para la correcta captación y conducción de las aguas pluviales, razón por la cual importantes lluvias y tormentas causan anegamientos en diferentes sectores de la ciudad. Las inundaciones son un problema recurrente, que afecta a más de 350.000 habitantes cuando la precipitación supera los 30 mm/hr<sup>13</sup>.

Los techos verdes retienen y detienen el agua de lluvia, reduciendo así el volumen de la escorrentía y la velocidad con que el agua llega a los sistemas pluviales. Diversas investigaciones han demostrado que las cubiertas verdes tienen la habilidad de retener el 50% del agua de precipitaciones de 30 mm<sup>14</sup>. También se ha demostrado que las cubiertas verdes pueden retrasar el tiempo de escurrimiento del agua de 30 minutos a cuatro horas y media, así como disminuir su velocidad de 42-96%<sup>15</sup>. Las cubiertas verdes actúan además como filtros, reduciendo la carga de contaminantes que llega a las alcantarillas. Las plantas y la tierra capturan contaminantes atmosféricos y las partículas de metales pesados se unen a las moléculas de tierra.

## **Ecología Urbana: biodiversidad y hábitat**

Las cubiertas verdes favorecen la biodiversidad y ayudan a crear conciencia sobre el vínculo entre la ciudad y la naturaleza. La preservación de la biodiversidad es una medida que se utiliza comúnmente para evaluar la salud de un ecosistema

y es particularmente crítica en áreas desarrolladas. La fragmentación del hábitat, la contaminación y el ruido hacen de las ciudades lugares hostiles para la mayoría de las plantas y animales. Los techos verdes representan un hábitat saludable en el paisaje urbano; se ha verificado una mayor presencia de aves y de especies más diversas, así como también la instalación de flora autóctona dispersada por éstas.

## **Calidad de vida: Mejora del bienestar urbano**

El verde en las ciudades mejora la calidad de vida de los residentes urbanos, reduciendo los niveles de estrés y creando un espacio de recreación y relajación. Varios estudios han relacionado los efectos calmantes de las plantas a tiempos más cortos de recuperación de pacientes enfermos por lo que cada vez más hospitales del mundo, como el Centro de Ciencia St. Luke en Japón y el Hospital General de Vancouver, construyen jardines en sus terrazas para el disfrute de sus pacientes.

La Ciudad de Buenos Aires tiene un claro déficit en materia de espacios verdes, motivo por el cual agregar verde a las cubiertas de la ciudad sería una forma de alcanzar la recomendación de la Organización Mundial de la Salud. Si se disminuyera un 20% el déficit de área verde con la construcción de cubiertas verdes al 2030, se lograría una reducción total en emisiones de CO<sub>2</sub> de 109.954 Toneladas, en el período; es decir una disminución una reducción de 9.996 tn CO<sub>2eq</sub> al año 2030.

## **Acciones propuestas**

1. Instalación de cubiertas verdes en edificios públicos.
2. Creación de un Programa de Padrinazgo de Cubiertas Verdes que permita el trabajo conjunto del ámbito público y privado en beneficio de la comunidad, orientado a entidades privadas que quieran colaborar con la instalación y el mantenimiento de cubiertas verdes en edificios públicos.
3. Desarrollo de datos locales sobre los beneficios de las cubiertas verdes, mediante un trabajo conjunto con una institución de

13 Atlas Ambiental de Buenos Aires. Buenos Aires. 2009.

14 EPA. Green Roofs Compendium. 2009.

15 Ídem 14

investigación científica y tecnológica para medir las mejoras en temperatura, escurrimiento, aislamiento y consumo de energía generadas por las cubiertas verdes.

4. Difusión de información y capacitación a los profesionales de la construcción.
5. Evaluación de incentivos económicos y/o fiscales para la instalación de cubiertas verdes en edificios del sector privado.

### **Costos**

Los costos iniciales de una cubierta verde varían de acuerdo a sus componentes. Actualmente, en la ciudad de Buenos Aires los costos de una cubierta verde de hasta 20 cm de altura rondan los \$ 700 el metro cuadrado.

- Además de los costos de construcción, hay que tener en cuenta los gastos de mantenimiento de las plantas. A pesar de que el nivel de cuidado depende de la selección de las especies, la mayoría de los gastos surgen durante los primeros años, mientras las plantas se establecen y maduran.

### **Áreas responsables**

Agencia de Protección Ambiental y Ministerio de Desarrollo Urbano

### **Techos Fríos**

Los materiales que se utilizan en los techos fríos son sumamente reflectantes y tienen un alto grado de emisión térmica, por lo que pueden ayudar a enfrentar el problema de la isla de calor. Durante los días más calurosos de verano, pueden mantenerse a temperaturas entre 28 y 33 °C más bajas que los materiales que se usan convencionalmente<sup>16</sup>.

El mayor porcentaje de energía solar que llega a la tierra lo hace en forma de energía infrarroja, esto es, calor. Parte de esa energía que llega a la superficie es reflejada y devuelta a la atmósfera. Los materiales que se usan comúnmente en los techos tienen una reflectancia solar del 5-15%, lo que quiere decir que absorben del 85-95%

de la energía que reciben<sup>17</sup>. En cambio, los materiales que se utilizan en los techos fríos tienen una reflectancia solar de hasta 65% y por lo tanto absorben únicamente 35% de la energía que reciben<sup>18</sup>.

Cualquier superficie que está expuesta a la radiación solar se calienta hasta llegar a un equilibrio térmico; es decir, hasta emitir la misma cantidad de calor que recibe. El grado de **emisión térmica** de un material determina cuánto calor emitirá según la temperatura exterior. Cuando una superficie con alto grado de emisión térmica es expuesta a la luz del sol, la misma llega al equilibrio térmico a temperaturas menores que una superficie con bajo grado de emisión térmica. Los materiales con bajo grado de emisión térmica que se utilizan en los techos fríos pueden reducir la temperatura del aire a su alrededor.

La tecnología utilizada en los techos fríos varía según el tipo de cubierta. Para cubiertas planas, como la mayoría de las que hay en la Ciudad de Buenos Aires, existen dos opciones.

**Aplicación de un baño protector:** se aplica un baño de consistencia similar a la de la pintura sobre la superficie de una cubierta sana. Existen dos tipos de baños protectores: elásticos, que contienen polímeros, y a base de cemento. Ambos tienen una reflectancia solar del 65% o más, y un grado de emisión térmica del 80-90%<sup>19</sup>. La diferencia fundamental consiste en que los baños elásticos actúan de membrana impermeable, mientras que aquellos a base de cemento son porosos y dependen de la membrana impermeable subyacente.

**Instalación de una membrana de chapa:** estas membranas de chapa contienen materiales para techos fríos y se presentan en planchas que se colocan sobre la cubierta. Se utilizan generalmente cuando la cubier-

16 EPA.Cool Roofs Compendium. 2009.

17 Idem 16

18 Idem 16

19 Idem 16

ta está en muy mal estado y necesita reparación intensiva.

El uso de techos fríos como estrategia de mitigación del efecto isla de calor tiene muchos beneficios, entre ellos la reducción en el consumo de energía y la mejora del confort y la calidad de vida.

#### Ahorro energético

Un techo frío transfiere mucho menos calor al edificio, por lo que se utiliza menos energía en acondicionamiento de aire en época estival. Un análisis de 25 estudios sobre uso de aire acondicionado en edificios con techos fríos identificó que los ahorros van de un 2 a un 40 %, con un promedio de 20%<sup>20</sup>. En edificaciones de una única planta, el ahorro puede llegar a ser del 70%<sup>21</sup>. Esta variación depende por un lado del tipo de tecnología utilizada y por el otro de la respuesta de cada edificio en particular. De allí la importancia de contar con proyectos piloto de instalación y monitoreo de techos fríos, con la finalidad de evaluar su rendimiento antes de incluir modificaciones en los Códigos de Planeamiento y Edificación.

Estudios realizados en los Estados Unidos para evaluar cómo los ahorros energéticos a nivel edilicio pueden afectar el uso general de energía en una ciudad encontraron

que el efecto es generalmente positivo. A pesar de que los techos fríos reflejan energía solar durante todo el año, y esto puede ser desventajoso en el invierno, los ahorros suelen ser muy significativos ya que los picos en la demanda de energía se dan solamente en verano. En el caso de Buenos Aires, debemos tener en cuenta que se ha alargado el período estival en detrimento de los meses fríos, por lo que durante los últimos años las necesidades de acondicionamiento de aire se han vuelto mayores a las de calefaccionamiento.

Los resultados de estudios realizados en distintas ciudades de Estados Unidos fueron extrapolados a todo el territorio del país, y se encontró que el uso generalizado de techos fríos tiene el potencial de reducir el pico de demanda de electricidad en unos 6.2 - 7.2 GW (0.8-0.9% del pico de demanda en verano), o el equivalente de 12 a 14 plantas de generación eléctrica de 500 MW cada una<sup>22</sup>.

#### Reducción de la contaminación atmosférica

La adopción generalizada de distintos esfuerzos de mitigación de la isla de calor urbana, como los techos fríos, puede reducir considerablemente el uso de energía durante el verano. Si consideramos que la reducción en la demanda de energía resulta en la reducción de la quema de combustibles fósiles, los techos fríos pueden contribuir a la reducción de emisiones de gases contaminantes, en especial óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono.

En un estudio realizado en las ciudades de Houston y Baton Rouge, se estimó que los niveles de dióxido de carbono podrían bajar en un 6-7% por el ahorro energético que resulta de la instalación de techos fríos<sup>23</sup>.

**Según estudios realizados en Estados Unidos, el uso generalizado de techos fríos tiene el potencial de reducir la demanda de electricidad en 6,2 a 7,2 GW (0,8 – 0,9% del pico de demanda de verano), el equivalente a 12 a 14 plantas de generación eléctrica de 500Mw cada una.**

<sup>20</sup> Idem 16

<sup>21</sup> Idem 16

<sup>22</sup> Berkeley National Laboratory. Cooling Energy Savings Potential of Light-Colored Roofs for Residential and Commercial Buildings in 11 US Metropolitan Areas. California. 1997

<sup>23</sup> Idem 22

Sin embargo, la relación entre reducción de la contaminación y mejora de la calidad de aire es muy compleja, y se requiere de estudios específicos para determinar cómo afectarán zonas urbanas específicas.

### Acciones propuestas

- 1 Instalación y monitoreo de techos fríos en edificios públicos y construcciones a cargo del GCBA con el fin de estudiar los beneficios de los mismos para la mitigación de la isla de calor urbano, alcanzando el desarrollo de datos locales sobre los beneficios de los techos fríos.
- 2 Evaluación de su potencial para la inclusión de techos fríos en los pliegos de construcción de viviendas a cargo del GCBA.
- 3 Difusión de información y capacitación a los profesionales de la construcción.
- 4 Modificación de los Códigos de Planeamiento y Edificación que incluyan medidas de mitigación de cambio climático y en especial del efecto isla de calor urbana.

### Áreas responsables

Agencia de Protección Ambiental, Ministerio de Desarrollo Urbano, Instituto de la Vivienda de la Ciudad, Corporación Buenos Aires Sur

### Arbolado urbano

Definimos como arbolado urbano a la población de árboles, arbustos y palmeras cuyos individuos están plantados en la ciudad<sup>24</sup>.

En función del sitio donde se ubican, el arbolado público se divide en:

- Arbolado de alineación: población de árboles que están plantados en forma lineal en las veredas de calles y avenidas de la Ciudad.
- Arbolado de espacios verdes: población de árboles, arbustos y palmeras que están plantados en los espacios verdes públicos.
- Arbolado de áreas de acceso restringido:

<sup>24</sup> Dirección General de Espacios Verdes. Plan Maestro de Arbolado Urbano de la Ciudad de Buenos Aires

población de árboles, arbustos o palmeras que se encuentran vegetando en los espacios verdes de institutos de salud o educacionales, museos u otras dependencias del Gobierno de la Ciudad.

- Arbolado histórico: árboles plantados dentro del ejido de la Ciudad, que fueron reconocidos como tales por la Comisión Nacional de Museos, Monumentos y de Lugares Históricos. Dentro de esta categoría se incluyen a los retoños de árboles históricos.
- Arbolado notable: ejemplares botánicos ligados a la historia por acontecimientos o personas de significativa relevancia, por lo que se consideró la necesidad de declararlos árboles y plantaciones notables ubicados en los espacios verdes y en avenidas y calles de la Ciudad, mediante Ordenanza 20.745/65<sup>25</sup>.

Además de su rol estrictamente ecológico, los árboles otorgan diversos beneficios:

- Transforman el dióxido de carbono en oxígeno.
- Purifican el aire interceptando material particulado (polvo, cenizas, humo, plomo, cromo, cadmio) y liberando oxígeno como resultado de la fotosíntesis.
- Moderan el clima .
- Brindan sombra .
- Hacen posible la vida de insectos y pájaros.
- Interceptan y almacenan el agua de lluvia, reduciendo los volúmenes de escorrentía y su impacto sobre el suelo.
- Las raíces y su descomposición incrementan la capacidad de infiltración del suelo que los rodea .
- Absorben contaminantes gaseosos a través de la superficie de las hojas tales como ozono, dióxidos de nitrógeno y dióxidos de azufre<sup>26</sup>.

En cuanto a su importancia como moderador del efecto de **isla urbana de calor**, el beneficio ambiental más relevante está

<sup>25</sup> Idem 24

<sup>26</sup> Barreiro, Graciela M. Planificación del Arbolado Urbano sobre la base de la calidad del aire: marco teórico-metodológico de aplicación a la Ciudad de Buenos Aires. Tesis presentada. Buenos Aires, 2009

dado por las siguientes características:

Sombreado: las copas de los árboles interceptan la radiación solar evitando el calentamiento de las edificaciones, asfalto y pavimentos. Este efecto beneficioso de enfriamiento en verano podría suponer mayor consumo invernal en calefacción, por lo que se deben emplear árboles caducos que no generen sombra en invierno.

En este sentido, si se plantan especies equivocadas en sitios no apropiados puede incrementarse el requerimiento energético, ya que la sombra incide en los gastos más que la evapotranspiración y la disminución de la temperatura del aire, factores menos ciertos en las mediciones.<sup>27</sup>

Sobre la base de una sola especie, se realizaron simulaciones en doce ciudades estadounidenses, cuya conclusión fue que un ejemplar adulto bien ubicado, de 8 m de altura, podría disminuir el gasto de energía de refrigeración en 100 a 400 Kw. anuales (10 a 15%) con disminuciones en el pico de demanda de 0.3 a 0.6 Kw. (8 a 10%)<sup>28</sup>

Evapotranspiración: La evaporación de grandes volúmenes de agua tanto del suelo como de la transpiración de las hojas, requiere energía calorífica capturada del ambiente, se produce un descenso de la temperatura en su entorno. En este sentido, los árboles se comportan como grandes “refrigeradores evaporativos”.

Reducción del viento: Las copas de los árboles reducen la velocidad del viento, minimizando las pérdidas de calor de las edificaciones. Este efecto es especialmente importante en los climas fríos, generando importantes ahorros en calefacción. En los climas con vientos veraniegos secos y calurosos, el arbolado reduce la infiltración del viento hacia el interior de las edificaciones, evitando con ello su calentamiento.<sup>29</sup>

27 Idem 26

28 McPherson & Rowntree, citado en Barreiro, 2009

29 Akbari, H., 2002. Shade trees reduce building energy use and CO<sub>2</sub> emissions from power plants.

Los árboles tienen dos mecanismos de acción para la reducción del CO<sub>2</sub> atmosférico. Por un lado, el secuestro y almacenamiento de CO<sub>2</sub> de manera directa en la biomasa foliar y leñosa, y por el otro la menor demanda de energía que requieren las edificaciones rodeadas por árboles plantados con la orientación correcta, lo que reduce las emisiones de las plantas de producción de energía.<sup>30</sup>

En el caso del primer mecanismo, a medida que crecen, a través de la fotosíntesis los árboles tienen una tasa de absorción de CO<sub>2</sub> mayor que la liberación que realizan a través de la respiración, con lo que el resultado neto es de reducción del CO<sub>2</sub> en la atmósfera. La Ciudad de Buenos Aires aun no cuenta con datos suficientes como para establecer potenciales de reducción de GEI por el arbolado urbano, y así fijar las metas a alcanzar.

Según estudios realizados en Chicago por Nowak, los árboles grandes y sanos se cuestan alrededor de 93 kg de C por año, mientras que los árboles pequeños -con menos de 6 cm de DAP<sup>31</sup>-, sólo retienen 1 kg. en el mismo lapso.

Todos los árboles urbanos de los Estados Unidos almacenan actualmente 700 millones de toneladas de carbono, con una tasa bruta de secuestro de 22,8 millones de toneladas de C por año. El promedio nacional de la densidad de almacenamiento de carbono en los árboles urbanos para Estados Unidos es de 25,1 toneladas/ha de cobertura arbórea, mientras que en los bosques ese promedio llega a 53,5 toneladas/ha.<sup>32</sup>

### Situación de Buenos Aires

Según el último Censo de Arbolado de Urbano realizado en el año 2000, la Ciudad

Environmental Pollution, 116:S119-S126.

30 Idem 26

31 DAP: Diámetro a la Altura del Pecho, es el diámetro del tronco de un árbol a 1.30 metros de altura del suelo.

32 Idem 28

posee 360.000 árboles de alineación. Si bien no se contabilizaron los ejemplares dispuestos en plazas y parques, se estima que los mismos se encuentran en valores cercanos a 100.000 ejemplares.<sup>33</sup>

De acuerdo a dicho censo, el 18% de los árboles que vive en la ciudad padece algún tipo de interferencia que afecta su normal crecimiento y desarrollo de las raíces, (cables aéreos, zanjas subterráneas, veredas rotas). Por otro lado, el 13 % sufre algún tipo de maltrato (carteles o cestos de residuos clavados en sus troncos, pintadas con aerosol, hilos de pasacalles y troncos destrozados o quemados). La mayoría de los ejemplares suele adaptarse a estas interferencias, aunque a expensas de la reducción de su tiempo de vida, y de su capacidad de absorción.

Indudablemente, el Censo del año 2000 no representa el arbolado actual, por lo tanto se presumen cambios en la abundancia y condiciones de los distintos ejemplares. Dado que la vida útil de un árbol en la Ciudad suele ser de 40 años, se estima que el 34% de los ejemplares ya no tiene capacidad de absorción de CO<sub>2</sub>, debido a su edad y grado de deterioro.

Los árboles recién plantados acumulan CO<sub>2</sub> rápidamente por varias decenas de años; pero luego declina esta velocidad. Los arbolados viejos pueden emitir tanto CO<sub>2</sub> a la atmósfera como el que secuestran por nuevo crecimiento. Los árboles vigorosos, en cambio, absorben mucho más CO<sub>2</sub> que los enfermos o estresados.<sup>34</sup>

### Acciones propuestas

**Incluir en el Plan Maestro de Arbolado Urbano**, para la elección de la especie a plantar, criterios ambientales más específicos<sup>35</sup> respecto de la adaptación

<sup>33</sup> Estudio realizado por Graciela Barreiro, incluyendo grandes áreas como el Parque 3 de Febrero, utilizando fotografía aérea como metodología, estimando arbolado por hectárea.

<sup>34</sup> Idem 26

<sup>35</sup> Como ser: adaptabilidad al sitio, estética, resistencia a las condiciones de stress urbano, posibili-

a las nuevas tendencias climáticas, mediante estudios de las variables y especies posibles. Actualmente, se incluyen criterios tales como la adaptación al clima y suelos; las dimensiones máximas de acuerdo al ancho de la vereda; la armonía de la forma y belleza ornamental; la densidad de follaje; la tolerancia a la contaminación ambiental; la velocidad de crecimiento en los primeros años; la resistencia a plagas y/o agentes patógenos; y la longevidad.

1. Realizar un nuevo censo de arbolado urbano.
2. Aumentar en un 20% el arbolado de alineación.
3. Planificar adecuadamente el mantenimiento de los ejemplares con el fin de optimizar sus cualidades y evitar su pérdida.
4. Concientizar a la población acerca de los beneficios del arbolado urbano.
5. Estudiar la capacidad de absorción según la especie y su variación en respuesta a cambios en las variables climáticas.

### Pavimentos

El pavimento es el componente urbano de mayor superficie horizontal expuesta a la radiación solar (un 20%).<sup>36</sup> En la mayoría de los casos posee alta capacidad térmica y de absorción, lo que hace que su contribución al efecto isla de calor urbana sea significativa.

Los materiales que forman el pavimento convencional tienen un rango de albedo que oscila entre un 0.05 hasta 0.40 cuando éste es nuevo.<sup>37</sup> El albedo se ve modificado debido al cambio de las propiedades de los materiales del pavimento y a la can-

dad de reducir gastos energéticos y emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, capacidad de retención de contaminantes del aire (PM10, SOx, NOx, metales pesados), mayor secuestro de carbono y baja susceptibilidad a los daños producidos por el ozono.

<sup>36</sup> ASADES, LAHV, INCIHUSA, CRICYT y CONICET. Estudio “Isla de calor urbana: efecto de los pavimentos, informe de avance”

<sup>37</sup> Glosario IPCC ([www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf))

tidad de polvo y suciedad albergada por el mismo.

El grado de emisión térmica de un pavimento está directamente relacionado con la exposición a la radiación solar del mismo; este se calentará hasta llegar a un equilibrio térmico cuando emita la misma cantidad de calor que reciba. Una superficie de pavimento con alto grado de emisión térmica que es expuesta al sol, llegará a un equilibrio térmico a menor temperatura que una superficie con bajo grado de emisión térmica. El uso de pavimentos con bajo grado de emisión térmica tenderá a reducir la temperatura del aire que esté en contacto con el mismo.

Los materiales utilizados en la urbanización de espacios libres responden a exigencias como la resistencia, funcionalidad y bajo costo económico, por lo que en el último medio siglo se ha reducido significativamente la diversidad de materiales utilizados. El cemento y los derivados del petróleo, es decir los pavimentos “duros”, han relegado a un segundo plano el empleo tradicional de materiales pétreos (rocíos).

Estudios realizados en la ciudad de Mendoza<sup>38</sup> concluyen que existe una fuerte influencia de la radiación solar incidente y el nivel de absorción de la superficie en el incremento de temperatura del pavimento. La temperatura superficial del pavimento fue superior a la temperatura ambiente en todos los casos medidos, tanto en pavimentos asfálticos como de hormigón, lo cual explica el efecto de los pavimentos en el incremento de la temperatura de la capa de la atmósfera en contacto con ellos. En el caso de pavimento de asfalto, se registró una temperatura de 5° C aproximadamente, por encima de la media anual en zonas rurales.

### Pavimentos fríos

Los pavimentos fríos consisten en la tecnología más viable para disminuir el efecto

de Isla Urbana de Calor. Las distintas alternativas de pavimentos fríos consisten en incrementar el albedo de la superficie del pavimento disminuyendo la cantidad de luz solar absorbida y por ende, la temperatura del pavimento. De esta manera, se produce una disminución de la temperatura del aire y posteriormente del ambiente en la ciudad.

Los distintos tipos disponibles en el mercado mundial son los siguientes:

#### Emulsiones Asfálticas

Asfaltos emulsionados con agua, que para su elaboración continúan utilizando hidrocarburos. Sin embargo, al mezclarse en frío no producen calor en su colocación y presentan mayor resistencia, ya que al tener menor espesor de trabajo retienen menos calor.<sup>39</sup>

#### Pavimento de concreto en cemento Portland

Pavimento frío de gran reflectividad o albedo, debido al color claro del cemento y a su material granulado, (como roca o arena)<sup>40</sup>

#### Pavimento y superficies porosas

Tecnología aún bajo investigación. La presencia de una superficie porosa permite una mayor captura del agua de lluvia, lo que reducirá el agua de escorrentía, que transporta agentes contaminantes. Un pavimento poroso consiste en un conjunto de bloques impermeables, y el espacio que queda entre los mismos se rellena con piedras en vez de concreto, lo que permite que el agua se infiltre. Además, brinda la posibilidad de recargar tanto la capa acuífera subterránea, como el flujo normal en arroyos.<sup>41</sup> Los pavimentos, y las superficies pueden disminuir la posibilidad de derribos y reducir el ruido del tráfico (capacidad que va disminuyendo con el paso

<sup>38</sup> EPA. Cool Pavement Report, Cool Pavements Study - Task 5

<sup>40</sup> Idem 39

<sup>41</sup> <http://www.epa.gov/nrmrl/news/news102008-s.html>

38 Idem 36

del tiempo). Esta tecnología se recomienda generalmente para circulación de tráfico a baja velocidad.

#### **Pigmentos y sellos de colores**

Pigmentos que se utilizan para aclarar el color de la superficie de asfaltos, aumentando el albedo y disminuyendo la emisión térmica del asfalto. En la actualidad, estos productos son costosos, y se realizan sólo para señalizaciones, estacionamientos, o bien para zonas de bajo flujo vehicular.

#### **Asfalto con caucho reutilizado**

Esta tecnología consiste en agregar al asfalto convencional neumáticos recuperados, aumentando la adherencia de los automotores y reduciendo el nivel de ruido urbano. Además, según estudios realizados por la Universidad Estatal de Arizona<sup>42</sup>, reduce la temperatura nocturna del pavimento en mayor medida que a partir del pavimento Portland. Los resultados preliminares obtenidos por medio de fotos satelitales sugieren muy buenos resultados.

#### **Situación de Buenos Aires**

La Ciudad de Buenos Aires tiene un pavimento urbano compuesto por 29 millones de m<sup>2</sup> de avenidas y calles. El 63% son pavimentos asfálticos, el 15% de hormigón y el 22% adoquinados<sup>43</sup>.

Prácticamente la totalidad de los pavimentos de la Ciudad de Buenos Aires son cálidos y en su mayoría negros. De ello se puede deducir la gran cantidad de energía solar absorbida y el drástico aumento de la isla de calor urbana provocado por los mismos.

Aunque en el mercado mundial existe una amplia gama de tecnologías que hoy resultarían innovadoras en nuestro país, su instalación masiva se ve dificultada por: los altos costos, la falta de información en las áreas de incumbencia y la ausencia de es-

tudios y mediciones locales respecto de sus beneficios.

#### **Acciones propuestas**

1. Estudiar el potencial de las distintas alternativas de pavimentos fríos para la mitigación del efecto de la isla urbana de calor.
2. Incluir la consideración del cambio climático en el Plan de bacheo y repavimentación de la Ciudad .
3. Fomentar la utilización de materiales porosos que faciliten la infiltración, en sitios de menor circulación tales como playas de estacionamiento y calles internas de parques.

42 Ídem 39

43 Dato provisto por el Ministerio de Hacienda de la Ciudad de Buenos Aires, 2007