

Sembrando aire sano

Un análisis mundial del rol de los árboles urbanos en el tratamiento del calor extremo y de la contaminación por materia particulada

Sumario ejecutivo

The Nature Conservancy 

En colaboración con

C40
CITIES
OPPORTUNITY FOR ALL



Para 2050,

la inmensa mayoría de los seres humanos vivirán
en ciudades, pueblos y otras áreas urbanas.

Sembrando aire sano

El siglo XXI será el siglo urbano, ya que más de 2 mil millones de personas llegan a las ciudades en todo el mundo. Esta rápida urbanización no tiene precedentes en la historia de la humanidad, y para 2050, la inmensa mayoría de los seres humanos vivirán en ciudades, pueblos y otras áreas urbanas. Sin embargo, en este “momento triunfal de la ciudad”, las áreas urbanas del planeta también enfrentan numerosos desafíos importantes, como proporcionar empleos y servicios públicos a una ciudadanía en crecimiento, proteger a sus residentes contra la delincuencia y la violencia, y mantener a salvo los bienes ambientales urbanos. Uno de los desafíos ambientales urbanos más urgentes en todo el mundo es la calidad del aire. En la mayoría de las ciudades, el agente contaminante del aire más perjudicial es la materia particulada, despedida de diversas fuentes, especialmente la quema de residuos agrícolas, leña y combustibles fósiles. La materia particulada fina (menos de 2,5 microgramos, μg , de diámetro, también conocidas como $\text{MP}_{2,5}$) puede inhalarse profundamente y llegar a los pulmones. Se calcula que provoca 3,2 millones de muertes por año (alrededor del 4 % de la carga mundial de morbilidad) (figura E1), principalmente a causa de enfermedades cerebrovasculares (p. ej., accidentes cerebrovasculares) y enfermedades de las arterias coronarias (p. ej., infarto). La exposición a la $\text{MP}_{2,5}$ también causa enfermedades respiratorias crónicas y agudas, incluida el asma. Y es posible que el problema empeore: un estudio pronosticó que para 2050, la materia particulada fina podría matar a 6,2 millones de personas. Las autoridades de las ciudades y los gobiernos nacionales tienen plena conciencia de la amenaza que representan la $\text{MP}_{2,5}$ y están buscando maneras de reducirlas con urgencia.

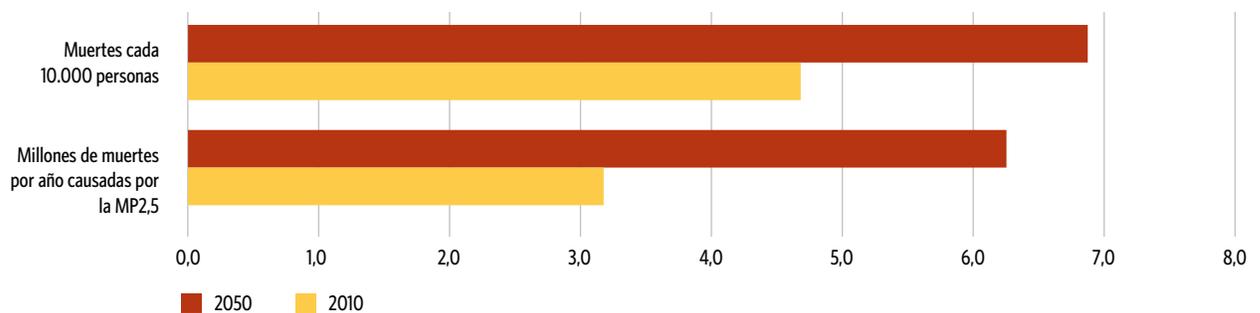


Figura E1. Pronóstico de la mortalidad mundial causada por la $\text{MP}_{2,5}$ en 2050, en comparación con 2010, expresada como la cantidad total de muertes o la cantidad de muertes cada 10.000 personas. La cantidad prevista de personas que morirán será casi el doble (es decir, aumentará en un 100 %). Parte de ese aumento se debe simplemente al crecimiento poblacional. No obstante, se espera que la cantidad de muertes cada 10.000 personas aumente aproximadamente en un 50 %, más que nada debido a un aumento en la concentración de $\text{MP}_{2,5}$ en ciudades de países en vías de desarrollo. Datos de Lelieveld et al.



Otro problema urgente que enfrentan las ciudades es que el aire sencillamente es tan caliente en verano que afecta la salud humana. Las olas de calor ya se han convertido en un desastre climático que causa la mayor mortalidad a nivel mundial (figura E2). Se calcula que matan un promedio de 12.000 personas por año y tornan la existencia desagradable para millones. Se prevé que el cambio climático agrave la amenaza de las olas de calor en zonas urbanas, ya que el aumento de los gases de efecto invernadero retiene una mayor cantidad de la energía solar, lo que incrementa la frecuencia y la severidad de las olas de calor. Un informe de la Organización Mundial de la Salud pronostica que para 2050, los casos de muertes provocados por olas de calor podrían alcanzar la cifra anual de 260.000 personas, a menos que las ciudades se adapten a la amenaza. De la misma manera que las llamadas ciudades inteligentes están intentando reducir su concentración de $MP_{2,5}$, miles de ciudades están buscando formas de manejar mejor el calor excesivo y adaptarse a él.

¿Puede la naturaleza ayudar a tratar ambos problemas de la calidad del aire: demasiado contaminado o demasiado caliente? Los árboles y otras clases de vegetación, ya sea que estén plantados a lo largo de una calle o que crezcan en un parque o en un jardín residencial, proporcionan muchos beneficios para las personas, entre los que se incluyen la belleza estética, el aumento de los valores de las propiedades, la prevención de la erosión, el manejo de las aguas pluviales y la reducción del ruido. Asimismo, los árboles capturan carbono, lo que ayuda a mitigar los efectos del cambio climático. Además, los parques proporcionan espacio para la recreación de los urbanitas, lo que conlleva beneficios reales para la salud física y mental. Al parecer, los árboles también pueden desempeñar un rol importante para que nuestro aire sea más saludable. Docenas de estudios actuales muestran que las hojas de los árboles filtran y eliminan la materia particulada proveniente de la atmósfera, junto con muchos otros contaminantes del aire. Asimismo, numerosos estudios científicos demuestran que la sombra producida por los árboles y el agua que transpiran durante la fotosíntesis pueden ayudar a reducir la temperatura del aire, al mismo tiempo que disminuyen el consumo de electricidad para los sistemas de enfriamiento residenciales. Sin embargo, quedan preguntas para los líderes urbanos y los funcionarios de salud pública:

- ¿Qué fracción del problema de la calidad del aire (materia particulada y calor excesivo) pueden ayudar a resolver los árboles?
- ¿Cuáles son las ciudades y los vecindarios que pueden resultar más beneficiados?
- ¿Cuánta inversión se necesita, en términos de árboles plantados o dólares gastados?
- ¿En qué casos los árboles constituyen una inversión eficiente, en relación con otras estrategias que pueden reducir la materia particulada o la temperatura del aire?

Los árboles ya proporcionan grandes beneficios

The Nature Conservancy llevó a cabo el primer estudio mundial de ciudades, en colaboración con el Grupo de liderazgo climático C40, para responder estas preguntas. Recabamos información geoespacial sobre vegetación y bosques, concentración de $MP_{2,5}$, contaminantes y densidad demográfica de 245 ciudades, y luego utilizamos relaciones establecidas en la bibliografía a fin de calcular la capacidad de los árboles urbanos actuales y futuros para tornar el aire urbano más saludable. Establecimos tres panoramas (alto, medio y bajo) que describen el nivel de reducción de temperatura y de concentración de materia particulada demostrado por los árboles. Centramos nuestro análisis en los árboles urbanos, ya que luego de revisar la bibliografía científica, nos resultó evidente que era necesaria la proximidad entre los árboles y las personas para lograr reducciones significativas de la materia particulada o de la temperatura. Las 245 ciudades que estudiamos actualmente albergan alrededor de 910 millones de personas, lo que equivale a cerca de un cuarto de la población urbana del planeta.

La reserva actual de árboles urbanos en las ciudades que estudiamos ya está proporcionando beneficios reales. Según nuestros cálculos, los árboles actualmente suministran una reducción de $MP_{2,5}$ de por lo menos $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a un promedio de 1,3 (intervalo de panorama bajo a alto: 0,0-6,1) millones de personas, una reducción de por lo menos $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a 10,2 (1,0-15,4) millones de personas y una reducción de por lo menos $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a 52,1 (23,8-63,1) millones de personas. Del mismo modo, los árboles ya les están proporcionando a 68,3 millones de personas una reducción aproximada de la temperatura máxima del aire en verano de entre 0,5 y 2,0 °C (0,9 a 3,6 °F). Tal como se analiza en detalle en el informe, la magnitud del impacto en la materia particulada y en la temperatura conlleva beneficios de salud reales para las personas afectadas.

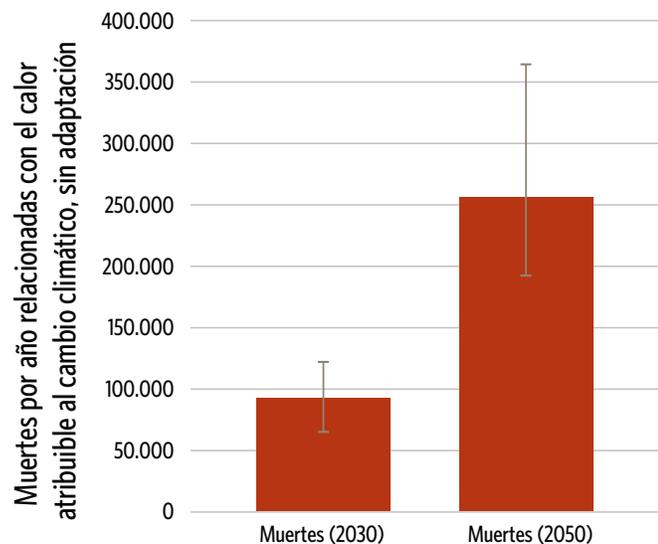
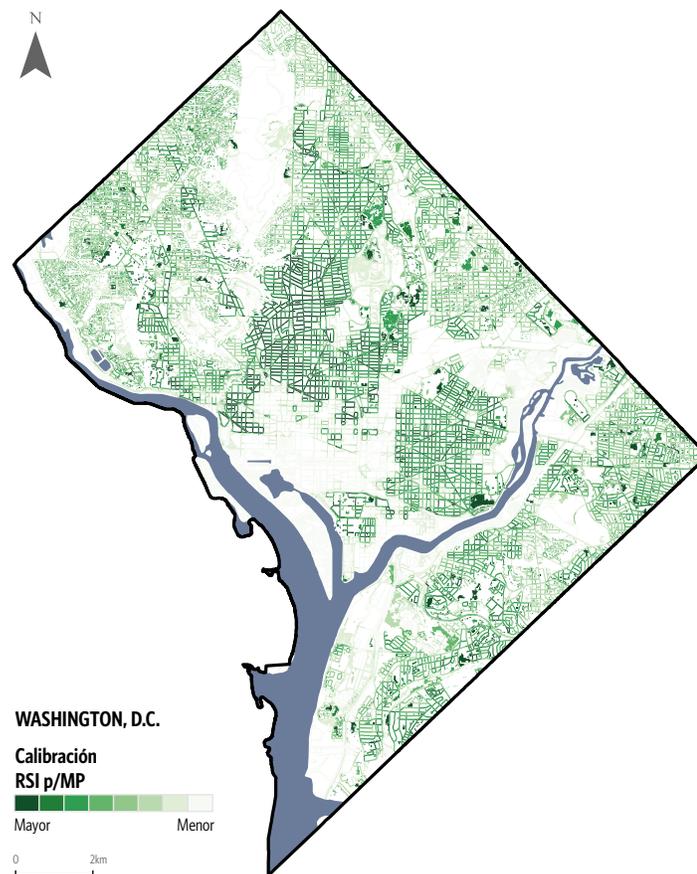


Figura E2. Pronóstico del impacto del cambio climático en la cantidad de muertes causadas por calor excesivo, expresado en cifras anuales de mortalidad en 2030 y en 2050. En el estudio de la OMS, se analizaron diversos panoramas climáticos que provocan una variedad de casos de mortalidad (mostrados con las barras de error). Datos de la OMS (2014).

Estas cifras corresponden solamente a la reserva actual de árboles urbanos. Como demostramos en el informe, muchas ciudades tienen dificultades para mantener su reserva actual de árboles urbanos, y nuestros resultados resaltan la importancia de las inversiones para mantener esta reserva. No obstante, en numerosas ciudades, también existen otras oportunidades considerables para agregar cubierta arbórea a fin de mitigar aun más los efectos del calor veraniego y de la contaminación del aire. En este estudio, evaluamos el impacto de tales aumentos a gran escala, pero viables, de la cubierta arbórea, midiendo el retorno sobre la inversión (RSI) en términos de la reducción de $MP_{2.5}$ o la mitigación de las temperaturas que les proporcionan los árboles a las personas por cada dólar gastado.

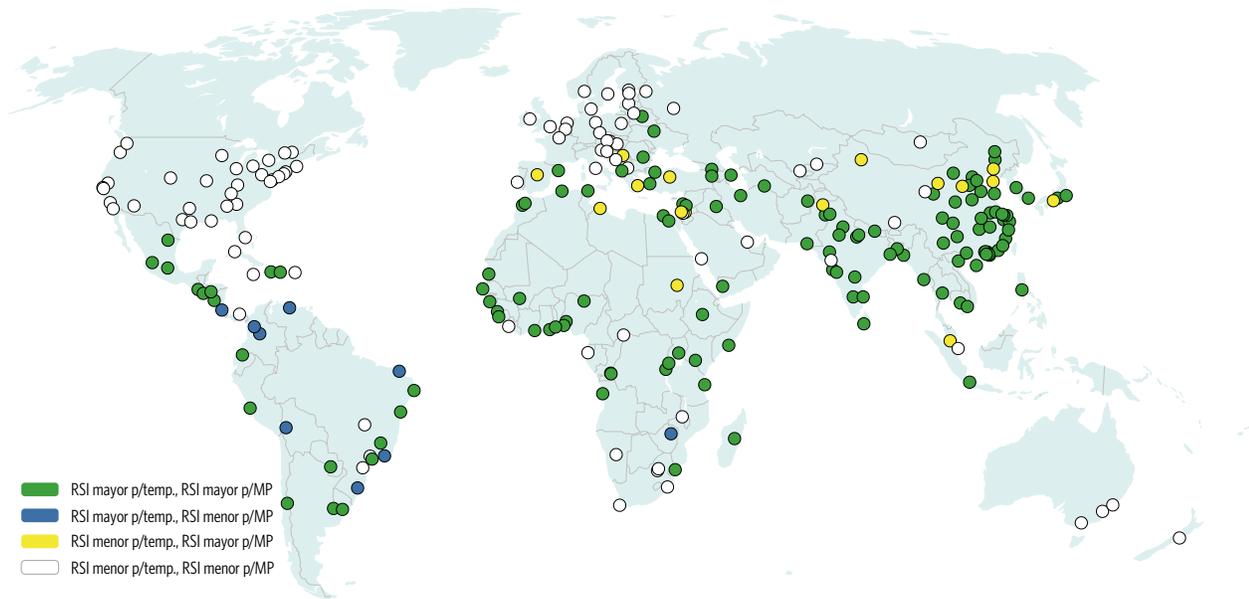
La importancia de seleccionar los objetivos

Tras revisar la bibliografía, resultó evidente que los árboles proporcionan reducciones significativas, pero localmente concentradas, de la materia particulada y de la temperatura, y que la mayor parte de ese efecto atenuante por lo general tiene lugar en un radio de 300 m de las plantaciones. Por lo tanto, es fundamental seleccionar los vecindarios que presenten los mayores efectos de la reducción (mapa E1). Nuestros resultados demuestran una variación sustancial dentro de las ciudades, donde los mejores vecindarios para plantar árboles urbanos a menudo presentan un retorno sobre la inversión (RSI) 100 veces mayor en comparación con los vecindarios menos adecuados. Generalmente, esos vecindarios se caracterizan por una mayor densidad demográfica y, por ende, una mayor cantidad de personas que se beneficiarán con un aire más limpio, así como por una concentración más elevada de $MP_{2.5}$ que puedan eliminarse gracias a la acción de los árboles. En el informe, analizamos directrices para plantar árboles que pueden utilizarse para seleccionar especies con una mayor capacidad de eliminación de materia particulada, así como el espacio adecuado entre los árboles plantados, ya que es importante evitar la captura del aire circulante proveniente de fuentes de materia particulada (p. ej., carreteras) en áreas con presencia de personas. La densidad demográfica y la concentración de materia particulada también generan variaciones entre las ciudades con respecto al RSI (mapa E2). Un factor adicional que varía entre las ciudades es el costo de plantar árboles. Si no intervienen otros factores, las ciudades con costos menores de plantación y mantenimiento presentan un mayor RSI. A nivel mundial, los costos de plantación y mantenimiento de árboles tienden a ser menores en países menos desarrollados. Sin embargo, dentro de los países, se observan variaciones significativas entre ciudades, generadas por diferencias en la disponibilidad de la reserva de árboles para plantar, los costos de mano de obra y la escala del programa de silvicultura urbana de cada ciudad.



Mapa E. Pautas a nivel de vecindario del retorno sobre la inversión (RSI) de la plantación de árboles para reducir la concentración de la materia particulada en una ciudad en particular, Washington, DC. Las calles de color verde más oscuro presentan un mayor retorno sobre la inversión.

Existen pautas similares del RSI de la plantación de árboles para mitigar la temperatura del aire, con variaciones del RSI entre vecindarios de hasta 100 veces. El vecindario ideal con un RSI alto tendría una densidad demográfica alta (o una concentración de poblaciones vulnerables), lo que aumentaría la cantidad de personas beneficiadas con la reducción térmica que proporcionan los árboles. También analizamos las directrices de plantación para la mitigación de las temperaturas, teniendo en cuenta los casos en que las directrices que maximizan la reducción de temperatura discrepan de las directrices con el potencial de maximizar la eliminación de la materia particulada. La densidad demográfica y los costos de plantación generan una gran varianza del RSI para la mitigación de las temperaturas entre ciudades (mapa E2). Sin embargo, nótese que las ciudades en zonas áridas tal vez se vean frente a la necesidad de hacer ciertos sacrificios cuando se trata de plantar árboles: aunque una mayor cantidad de árboles reduce la temperatura máxima (y la concentración de la materia particulada), también requieren agua, recurso que puede ser escaso, para la irrigación, al menos durante una parte de agua.



Mapa E2. Retorno sobre la inversión de la plantación de árboles para reducir la temperatura ambiente en ciudades de todo el mundo.





La naturaleza ofrece una solución eficiente

Nuestras investigaciones también muestran que la plantación de árboles urbanos y la optimización del dosel arbóreo pueden ser una manera eficiente de tornar el aire más saludable. En el caso de la materia particulada, el costo de reducción, en \$/tonelada, varía de forma significativa entre vecindarios, y en algunos vecindarios, es inferior a los costos publicados de control de emisiones para otras estrategias disponibles (figura E3). No obstante, el costo medio de la plantación de árboles para la reducción de la materia particulada es superior a la de 5 de 6 categorías amplias de estrategias que tuvimos en cuenta, lo que sugiere que, en muchos casos, otras estrategias convencionales de reducción de la materia particulada pueden resultar menos costosas. El costo de la reducción de temperatura (en \$/°C desde la implementación de la práctica en un área de 100 m²) también varía de manera significativa entre vecindarios, y en algunos lugares, es inferior al de cualquier otra estrategia convencional disponible. El costo medio de plantación de árboles es inferior a la de todas las demás estrategias que consideramos, con excepción de las tecnologías de techo frío. Desde ya, en casos en que tanto la concentración de la materia particulada como la temperatura elevada son motivo de preocupación, el atractivo comparativo de las cubiertas arbóreas sería aun mayor, ya que ninguna de las alternativas convencionales "grises" tratan ambos problemas a la vez: calor y materia particulada. Por otra parte, los demás beneficios que proporcionan los árboles (retención del carbono, belleza estética, manejo de aguas pluviales, etc.) acrecientan aun más el atractivo comparativo de las cubiertas arbóreas como solución.

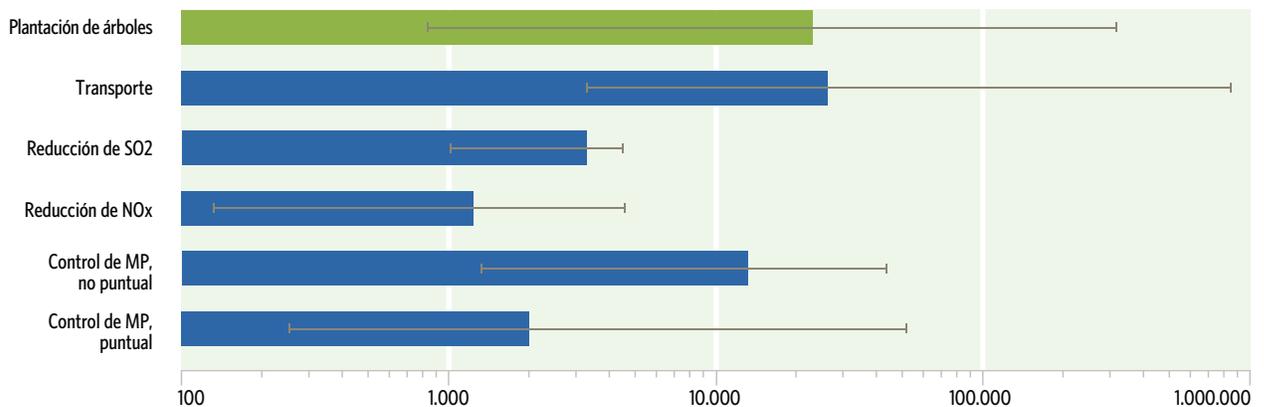


Figura E3. Relación costo-beneficio de la plantación de árboles urbanos para reducir la materia particulada, comparada con las categorías comunes de las estrategias de reducción convencionales. La barra de color verde muestra la relación costo-beneficio media de la plantación de árboles urbanos en diferentes sitios, mientras que las barras de error muestran la relación costo-beneficio mínima y máxima. Todos los valores de la relación costo-beneficio están normalizados a USD 2015 \$/tonelada. Nótese que, si bien el costo medio por tonelada de materia particulada eliminada es superior para los árboles urbanos que el costo medio de muchas estrategias convencionales, existe una varianza significativa, y en muchos sitios la plantación de árboles es competitiva en función de su costo, en relación con las demás estrategias de infraestructura "grises". Es más, esta comparación está sesgada a favor de las estrategias convencionales porque su relación costo-beneficio se expresa en términos de \$/tonelada de emisiones evitadas en la fuente de emisión (no todo eso se traduce en una reducción de la concentración a nivel local para las personas), mientras que, en el caso de los árboles, se representa la rentabilidad real de reducir la concentración a nivel local para las personas.

La plantación de árboles urbanos en algunos vecindarios no solo puede ser una manera eficiente de tornar el aire más saludable, también puede proporcionar estos beneficios a una fracción considerable de residentes urbanos. La curva de inversión mundial para que los árboles reduzcan la contaminación por $MP_{2,5}$ se muestra en la figura E4. Por ejemplo, según nuestro panorama de impacto medio, calculamos que una inversión mundial adicional de \$100 millones por año en árboles (incluidos los costos de plantación y mantenimiento) les proporcionaría a 8 millones más de personas una gran reducción de $MP_{2,5}$ ($> 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a 47 millones de personas, una reducción moderada ($> 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y a 68 millones de personas, una reducción pequeña ($> 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La curva de inversión para la reducción de temperatura tiene una forma similar (figura E5). Una inversión anual de \$100 millones les proporcionaría a 77 millones más de personas una reducción de 1°C ($1,8^\circ\text{F}$) en la temperatura máxima los días calurosos (panorama de impacto medio).

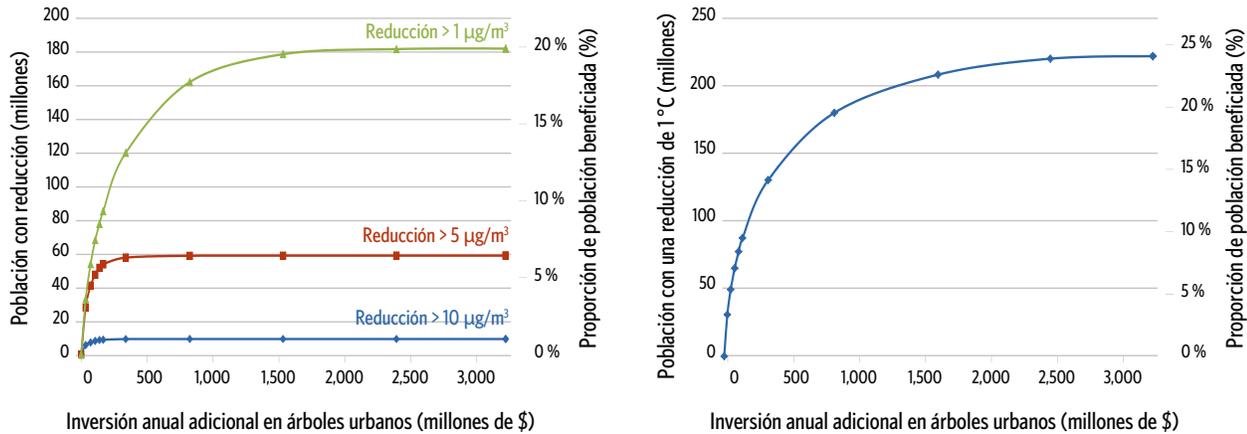


Figura E4 (izquierda). El potencial mundial de los árboles urbanos para beneficiar a los habitantes urbanos con la reducción de la concentración de materia particulada, según diferentes inversiones anuales en plantación y mantenimiento de árboles. Los resultados mostrados corresponden a nuestro panorama medio de la eficacia de los árboles para eliminar la materia particulada. Nótese que las curvas correspondientes a 5 y $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se aplanan en los niveles altos de inversión porque existen relativamente pocas ciudades (principalmente las más contaminadas) donde la plantación de árboles urbanos puede eliminar más que esta cantidad de contaminación. Una vez que la inversión en plantación de árboles urbanos se haya realizado por completo en estas ciudades, la inversión adicional en plantación de árboles no aumentará la cantidad de personas que reciban una reducción de más de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pero continuará aumentando la cantidad de personas que reciban una reducción más pequeña de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura E5 (derecha). El potencial mundial de los árboles urbanos para beneficiar a los habitantes urbanos con la reducción de la temperatura, según diferentes inversiones anuales en plantación y mantenimiento de árboles. Los resultados mostrados corresponden a nuestro panorama medio. De acuerdo con el panorama alto, una cantidad equivalente de personas recibiría una reducción de 2°C , mientras que según el panorama bajo, la misma cantidad de personas vería una reducción de $0,5^\circ\text{C}$.

Estas magnitudes de reducciones alcanzables de la concentración de $MP_{2,5}$ y de la temperatura mediante una cubierta arbórea pueden proporcionar una reducción pequeña, pero significativa, de las enfermedades. Sobre la base de la relación bien establecida entre la concentración de $MP_{2,5}$ al aire libre y la mortalidad, calculamos que la máxima plantación posible de árboles en las ciudades que estudiamos (costo = \$3,2 mil millones por año) reduciría la mortalidad relacionada con la materia particulada entre un 2,7 % y un 8,7 %, lo que implicaría salvar entre 11.000 y 36.000 vidas por año, en las ciudades analizadas en nuestro estudio. En este sumario ejecutivo, nos centramos solamente en las cifras de mortalidad, pero desde ya, existe una variedad de efectos en la salud, desde días de ausentismo escolar o laboral hasta hospitalizaciones y muertes prematuras. Las investigaciones indican que, por cada muerte causada por $MP_{2,5}$, existen muchas personas hospitalizadas o afectadas de algún otro modo por la materia particulada. Por lo tanto, prevemos que la cantidad de personas que se beneficiarían de alguna manera con la máxima plantación posible de árboles sería muchas veces mayor que la cifra de casos de mortalidad evitados.

El efecto de la alta temperatura en la mortalidad también está bien documentado en la bibliografía. Sobre la base de estudios en los que se relaciona funcionalmente la mortalidad con la alta temperatura, calculamos que la máxima plantación posible de árboles en las ciudades que estudiamos reduciría la mortalidad relacionada con la alta temperatura entre un 2,4 % y un 5,6 %, lo que implicaría salvar entre 200 y 700 vidas por año en las ciudades analizadas en nuestro estudio. Nótese que esta cifra corresponde al clima actual, y teniendo en cuenta que el cambio climático podría aumentar más de 20 veces la mortalidad provocada por el calor, parece probable que esta cantidad de vidas salvadas por los árboles urbanos será considerablemente mayor en el futuro.

Asimismo, la plantación de árboles podría reducir el consumo de electricidad y aumentar la retención del carbono. Calculamos que nuestro panorama de máxima plantación posible de árboles urbanos reduciría el consumo de electricidad en las 245 ciudades estudiadas entre un 0,9 % y un 4,8 % por año (9,3-48 mil millones de kWh). De acuerdo con el supuesto máximo de plantación de árboles urbanos, la retención neta de carbono aumentaría entre 2,7 y 13 millones de toneladas de CO_2 . Si combinamos con los cálculos de las emisiones de CO_2 evitadas debido a la reducción del consumo de electricidad, calculamos que el impacto total de nuestro supuesto máximo de plantación de árboles urbanos será una reducción anual de entre 7,0 y 35 millones de toneladas de CO_2 . Nótese que estos beneficios de mitigación del cambio climático son adicionales a los beneficios para la salud humana proporcionados por la mitigación de las temperaturas y de la concentración de materia particulada.

La naturaleza tendrá un rol aun más importante en el futuro

Por último, nuestro análisis de tendencias con el tiempo sugiere que los servicios provistos por los árboles a los ecosistemas serán aun más importantes en el futuro. Es posible que haya un aumento del 50 % en la tasa de mortalidad causada por $MP_{2.5}$ para 2050, la mayoría de los casos en áreas urbanas, y se pronostica que la temperatura máxima en verano en la muestra de ciudades de nuestro estudio aumentará de 2 a 5 °C (de 4 a 9 °F) durante el mismo período. Aunque esta doble amenaza plantea un desafío para la salud de los habitantes de las ciudades, si no intervienen otros factores, también aumentará la importancia de los árboles que ya se encuentren plantados. Asimismo, habrá un aumento espectacular en la población urbana, lo que incrementará la cantidad de personas que podrían beneficiarse con los servicios prestados por la naturaleza. Finalmente, todo este desarrollo urbano, o simplemente la inversión social insuficiente para reemplazar los árboles perdidos, puede disminuir el grado de transformación ecológica urbana. Por ejemplo, descubrimos que el 26 % de las ciudades estudiadas presentaron una disminución de la cubierta vegetal durante el período de 2000 a 2010, mientras que solo el 16 % de las ciudades tuvieron un aumento de la cubierta vegetal durante el mismo período.

Conclusiones

Nos encontramos en el inicio del siglo urbano. Una de las principales tareas de las ciudades consistirán en convertirse en lugares para vivir atractivos, saludables y llenos de vida. Este informe se ha centrado solamente en una pequeña parte de esa tarea: el camino hacia un aire urbano más saludable. Las ciudades continúan esforzándose por reducir la concentración de la materia particulada y de otros contaminantes de la atmósfera. Y están comenzando a desarrollar planes para enfrentar la frecuencia y la intensidad cada vez mayores de las olas de calor que probablemente traerá el cambio climático. Superar con éxito este doble desafío, la contaminación del aire y el calor excesivo, requerirá una variedad de enfoques. Mediante este informe, The Nature Conservancy y el Grupo de liderazgo climático C40 han intentado entender si la naturaleza puede desempeñar un rol para ayudar a resolver este doble problema.

La respuesta parece ser un “sí” con reservas. Los árboles urbanos pueden ser parte de una gama eficiente de intervenciones destinadas a controlar la contaminación por materia particulada y mitigar la alta temperatura en las ciudades. Si bien los árboles no pueden y no deben reemplazar otras estrategias para tornar el aire más saludable, sí pueden utilizarse junto con estas demás estrategias para ayudar a limpiar y enfriar el aire. Asimismo, los árboles proporcionan innumerables beneficios adicionales, más allá de un aire más saludable. Si se plantan en los lugares correctos, pueden ayudar a tornar el aire que respiramos más saludable y convertir nuestras ciudades en entornos más verdes y habitables.



Menciones

Autores principales

Rob McDonald, The Nature Conservancy

Timm Kroeger, The Nature Conservancy

Tim Boucher, The Nature Conservancy

Wang Longzhu, The Nature Conservancy

Rolla Salem, The Nature Conservancy

Colaboradores

Jonathan Adams

Steven Bassett, The Nature Conservancy

Misty Edgecomb, The Nature Conservancy;

Snigdha Garg, Grupo de liderazgo climático C40



Diseño gráfico

Paul Gormont, Apertures, Inc

Edición

Sonya Hemmings

© 2016 The Nature Conservancy. Todos los derechos reservados.

Los autores del informe desean agradecer al comité asesor y a los revisores del informe por su orientación y sus comentarios de gran utilidad. El apoyo financiero para el informe provino del Fondo chino de conservación mundial y programas urbanos mundial y norteamericano de The Nature Conservancy.

Una inversión mundial de \$3,2 mil millones por año,
menos de \$4 por residente,
**puede salvar decenas de miles de vidas por año y
mejorar la salud de decenas de millones de personas.**





The Nature Conservancy

4245 North Fairfax Drive, Suite 100
Arlington, VA 22203-1606

Teléfono: 703-841-5300
Sitio web: www.nature.org

www.nature.org/healthyair

