

## Los bosques urbanos del siglo XXI ¿víctimas o verdugos del cambio climático? (2)

**Rafael Yus Ramos**

GENA-Ecologistas en Acción

En el siglo XXI el fenómeno natural (pero antropogénico) más importante es el cambio climático, debido a un calentamiento global provocado por el efecto invernadero que se viene produciendo por la excesiva acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre. Decíamos, en un artículo anterior, que en esta lamentable situación los bosques urbanos constituyen un valioso aliado, al comportarse como “verdugos” del cambio climático. Sin embargo, la efectividad de estos beneficios se basa en una importante premisa: que las especies urbanas de árboles y arbustos se mantengan saludables en las cada vez más adversas condiciones climáticas futuras. En este nuevo capítulo abundaremos sobre este otro lado de esta moneda, pues una parte importante de los árboles urbanos también van a ser “víctimas” de este calentamiento global, como demostró recientemente el estudio de Esperon-Rodriguez *et al.* (2022).

### La mortalidad de los árboles urbanos

El punto de partida de esta tesis es el hecho de que gran parte de las especies que forman parte del arbolado o bosques urbanos procede de regiones paleogeográficas de clima muy diferente al que existe en la ciudad que los plantó. Entre estas diferencias climáticas destaca la pluviosidad, a menudo mucho más baja en los países de acogida que en los de origen. En general, esta diferencia no ha llegado a ser significativa porque en esos países de acogida, con menor pluviosidad, compensan la falta de lluvia con aportes artificiales de agua (riegos). Pero hay otras variables, como la termicidad, que es mucho más complicado solucionarlas.

En realidad, los bosques urbanos son ecosistemas complejos, que no solo experimentan fenómenos meteorológicos extremos, sino algunos también enfrentan duras condiciones, como crecer en situaciones con volumen de suelo y nutrientes limitados, compactación extrema del suelo y falta de disponibilidad de humedad del suelo, etc. lo que puede causar daños severos y reducción de la vitalidad de los árboles urbanos. Por lo tanto, en la práctica es un auténtico desafío determinar los factores directos de la muerte regresiva y la mortalidad de los árboles urbanos, pero hay que reconocer que es esencial en la planificación de la silvicultura urbana, para reducir pérdidas socioeconómicas asociadas con fallas y mortalidad y a garantizar la provisión sostenida de servicios ecosistémicos por parte de los bosques urbanos.

En general, la muerte regresiva y la mortalidad de los árboles a menudo resultan de una lenta acumulación de los efectos de muchas tensiones a través del tiempo y interacciones entre múltiples factores. La forma en que se gestionan estos factores puede exacerbar o mejorar los riesgos asociados con la muerte regresiva y mortalidad del árbol (Figura 2). Tanto las actividades humanas (es decir, la gestión) como los factores biofísicos pueden contribuir a la mortalidad. Entre las **actividades humanas** destaca una gestión inadecuada que puede incluir la selección inadecuada de plantas, o el lugar de plantación, la mala calidad del material de plantación que se toma de un vivero, las técnicas inapropiadas de plantación, y una preparación y mantenimiento deficientes durante el período de establecimiento, los cambios urbanísticos, e incluso el vandalismo. Entre los **factores biofísicos** figuran el clima local, los fenómenos meteorológicos extremos, las plagas y enfermedades, la herbivoría y el ramoneo. En última

instancia, el manejo de los árboles y los factores biofísicos están fuertemente interrelacionados porque las acciones de manejo a menudo involucran la alteración de factores biofísicos, tales como la estructura del suelo y la disponibilidad de agua y nutrientes, y otras veces exponen o hacen más vulnerable a los árboles frente a los factores biofísicos.

Las evaluaciones sistemáticas de las causas de la muerte regresiva y la mortalidad de los árboles en entornos urbanos son raras, especialmente aquellas que evalúen el **cambio climático** como un impulsor directo de la mortalidad de los árboles urbanos. Aquí es donde radica la importancia de esta nueva línea de investigación iniciada por Esperon-Martinez *et al.* (2022), cuyo objetivo era:

- 1.-Resaltar la importancia del cambio climático como causante de la muerte regresiva y mortalidad de los árboles urbanos;
- 2.-Revisar el estado del conocimiento sobre la muerte regresiva y mortalidad en los bosques urbanos a escala mundial, centrándose en estudios que informen sobre los impulsores del cambio climático; y
- 3.-Proponer recomendaciones para identificar fallas provocadas por el cambio climático y prevenir la mortalidad de los árboles urbanos.

### Papel del cambio climático en la mortalidad del arbolado urbano

Los bosques urbanos son vulnerables a los cambios en el clima y las condiciones meteorológicas extremas, siendo algunas especies más vulnerables que otras. Así, incorporar el papel del cambio climático como impulsor de la muerte regresiva y mortalidad del arbolado urbano en las prácticas de manejo adaptativo pueden ayudar a formular políticas y gestión apropiados para reducir los riesgos y pérdidas económicas en los bosques urbanos.

Son bien conocidos los efectos de cambios climáticos fortuitos, como las sequías, vendavales, olas de calor o frentes fríos, como causas de la mortalidad de los árboles. Sin embargo son muy pocos los estudios centrados en averiguar los efectos de los cambios climáticos graduales, a largo plazo. Y sin embargo, no hay que perder de vista que la mortalidad de los árboles puede estar relacionada con las condiciones meteorológicas existentes durante o después de plantar los árboles. Muchas fallas de árboles no se deben a fenómenos climáticos extremos, sino más bien a un manejo inadecuado (es decir, mala elección de especies y sitios de plantación).

Sin embargo, hasta la fecha, hay una escasez de estudios de seguimiento a largo plazo en bosques urbanos, a pesar de que una silvicultura urbana eficaz solo es posible si se incluye el cambio climático en todas sus formas (por ejemplo, fenómenos meteorológicos extremos, cambios en las precipitaciones y patrones de temperatura) como un impulsor potencial de la mortalidad de los árboles,

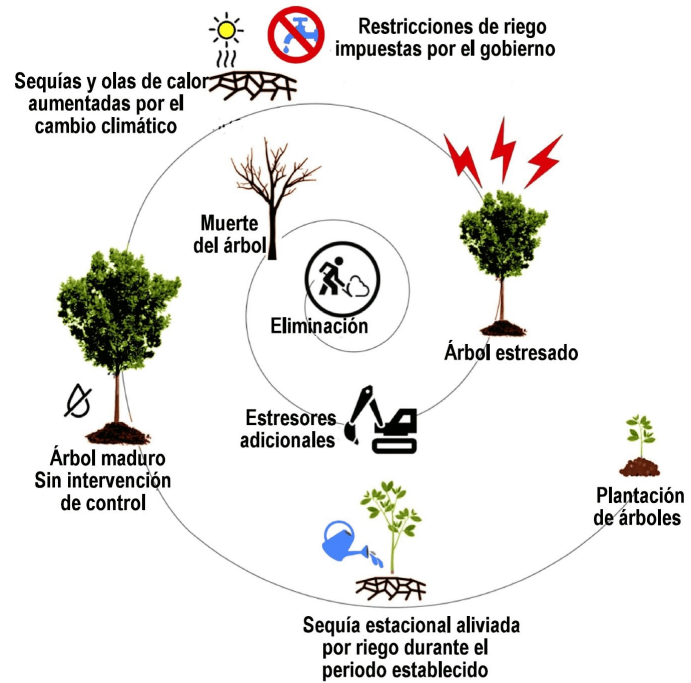


Fig.1. Espiral de mortalidad de árboles urbanos

muerte regresiva de la copa, daños visibles, defoliación y crecimiento deficiente, así como impactos secundarios del aumento de plagas y enfermedades inducido por el cambio climático. A medida que cambia el clima, será más difícil mitigar los efectos del calor excesivo o la sequía mediante acciones de gestión como el riego, para compensar los déficits hídricos del suelo, particularmente en regiones con suministro de agua urbano limitado. Además, hay pocas opciones de gestión rentables disponibles para mitigar los efectos del aumento de la temperatura del aire en los árboles.

### **Hacia una selección de especies resistentes**

La sostenibilidad a largo plazo de los bosques urbanos, por lo tanto, depende de la identificación de especies y cultivares, que sean capaces de sobrevivir en situación de cambio del clima. Identificar especies y genotipos que probablemente sean tolerantes a futuros climas es una opción para expandir la paleta actual de especies de árboles dentro de diferentes lugares. Se precisan iniciativas como la *base de datos Citree* en Alemania, la herramienta *Vermont Tree Selection* en el Estados Unidos, la *Guía de Selección de Especies de Árboles* para las Islas Británicas y el programa *Which and Whereen* Australia que proporcionen evidencias científicamente fundamentadas, sobre la tolerancia de las especies, en el proceso de selección de especies para incorporar en el bosque urbano. Se necesitan estudios que proporcionen detalles sobre los umbrales climáticos basados en sus distribuciones geográficas o nichos climáticos conocidos, y que estos conocimientos estén disponibles o se trasladen a responsables políticos, viveristas y técnicos de jardinería de los ayuntamientos.

Pero tropezamos con un grave inconveniente. Hasta la fecha, los viveristas basan principalmente sus decisiones sobre las especies en pequeños ensayos de campo para asignar cultivares a zonas o clases de rusticidad particulares, pero este enfoque se basa en el clima pasado y actual y no tiene en cuenta el cambio climático futuro. Además, los productores necesitan investigación sobre las tolerancias climáticas de las especies para informar la elección de especies y educar a los consumidores. Por lo tanto, el cambio climático rápido puede provocar en el tiempo **desfases** entre la identificación y la producción de especies adecuadas en viveros, cambiando las condiciones climáticas locales en la siembra y las condiciones climáticas durante la vida útil de un árbol individual. Dadas las tasas de crecimiento comparativamente lentas de los árboles y la importancia de promover longevidad del árbol, las selecciones de nuevas especies deben planificarse con años o incluso con décadas de antelación.

Por otra parte, a menudo la información y el conocimiento sobre las especies sensibles al clima no están claramente recopilados o accesibles. Encontramos dos componentes clave que faltan en la literatura especializada sobre esta cuestión:

- a.-Estudios de seguimiento a largo plazo que evalúen la mortalidad de árboles urbanos causada por cambios en el clima y
- b.-Estudios sobre la mortalidad de árboles urbanos causada por eventos climáticos extremos relacionados con el cambio climático.

Muchos municipios no llevan inventarios de árboles, y mucho menos con precisión, ni registran las tasas de mortalidad de las nuevas plantaciones de árboles o árboles establecidos. Los inventarios dinámicos de árboles son costosos y, por lo tanto, las limitaciones financieras hacen que el monitoreo y la recopilación de datos sean extremadamente raros y ello puede perpetuar la falta de información. Una alternativa que se ha llevado a cabo en algunas ciudades consiste en buscar, a través de fotografías aéreas, cambios en la **cobertura del dosel de los árboles urbanos** de una ciudad, incluso a pesar de que haya desaparecido la información sobre el rendimiento de especies de árboles individuales. Aún así, se necesitan más datos para apoyar la toma de decisiones.

## Recomendaciones para adaptar la arboleda al cambio climático

Se pone en evidencia, pues, que junto a muchos otros mecanismos de **adaptación** al cambio climático, hay que incluir a la adaptación de la arboleda y bosques urbanos, lo que, a su vez, redundará en claros beneficios tanto en la mitigación (secuestro de CO<sub>2</sub>) como en la adaptación de nuestras ciudades a la cruda realidad del cambio climático. La arboleda urbana es un típico caso de “*adaptar para que pueda adaptar*”, una cadena de procesos de adaptación que conduzcan a una mayor resiliencia de la ciudad, y de todos los que vivimos en ella, frente a los rigores del cambio climático. Para afrontar esta realidad en relación a la arboleda o bosque urbano, se recomienda:

1.-Realizar un seguimiento a largo plazo de los bosques urbanos, que incorpore datos detallados sobre el crecimiento y la mortalidad en los inventarios de árboles urbanos. Además, tomando un enfoque demográfico, lo que implicaría crecimiento, remociones y plantaciones o reclutamiento. Es importante destacar que estos datos ayudarán a identificar los éxitos y fracasos de las plantaciones dentro de los entornos urbanos y ayudar a desarrollar planes de gestión de árboles adaptables al cambio climático.

2.-Recopilar datos del inventario de árboles urbanos, de forma fácil y sistemática, para determinar, a largo plazo, las posibles causas de mortalidad e identificar los riesgos asociados con cada etapa del crecimiento y desarrollo de los árboles urbanos. La mortalidad de los árboles se puede utilizar como una métrica para evaluar el éxito de los programas de plantación. La recopilación y el seguimiento sistemáticos de datos deben ser longitudinal, rastreando árboles individuales a lo largo del tiempo en estudios realizados anualmente o cada 2 años, incluyendo mediciones de tamaño de la altura del árbol (tronco y copa) y evaluaciones del diámetro del tallo y la salud del árbol, junto con los síntomas de estrés (por ejemplo, enfermedades, plagas y estrés por calor evaluados a través de daño, dato este último de gran interés, ya que el cambio climático puede afectar el rendimiento de los árboles sin matarlos; estos efectos pasan mayormente desapercibidos en los inventarios de árboles urbanos.

3.-Medir los rasgos y atributos de las plantas, como la brotación, la floración y el color de las hojas, puede ser útil para evaluar cambio en la fenología, rendimiento y daño de la planta. Además, la realización de ensayos experimentales y estudios de características funcionales de plantas pueden proporcionar información más detallada sobre el rendimiento de las especies y la tolerancia en ambientes urbanos

3.-Establecer mediciones estandarizadas de tolerancia fisiológica (por ejemplo, pérdida de turgencia de la hoja, temperatura crítica de la hoja para la fotosíntesis o contenido de prolina) y elaborar inventarios nacionales e internacionales y protocolos de evaluación junto con la mortalidad y el crecimiento de árboles urbanos. Las bases de datos pueden proporcionar los medios para identificar a las especies vulnerables y resilientes y relacionarlas con condiciones climáticas particulares en las áreas geográficas más amplias posibles. La selección de especies resilientes, por lo tanto, debe estar informada por la historia de vida relevante y los rasgos fisiológicos.

4.- Además de inventarios terrestres, se recomienda utilizar la teledetección de cubierta arbórea urbana. Los protocolos de monitoreo deben captar el papel del cambio climático y permitir la recopilación de datos a intervalos regulares (es decir, inventarios dinámicos) en relación con eventos del clima extremo Incorporar evaluaciones de tendencias climáticas (p. ej., evaluaciones meteorológicas) datos de tendencias en temperaturas medias bajas de invierno, temperaturas altas de verano y precipitación de la temporada de crecimiento) en el monitoreo a largo plazo puede ayudar a identificar las respuestas de las especies a la temperatura alterada y regímenes de precipitación y enlaces de prueba entre el papel de los factores climáticos y las tasas de falla.

5.-Realizar el monitoreo durante y después de los períodos de estrés climático agudo e incorporar nuevas plantaciones con monitoreo regular, para registrar el cambio de estado en términos de salud del árbol, árbol mortalidad o daños derivados del vandalismo u otros factores. Datos la recolección también podría integrar la remoción de árboles y los permisos de plantación en inventarios para hacer "inventarios vivos" en lugar de "inventarios estáticos". Además, Incorporar el monitoreo comunitario (con participación ciudadana, sea abierta o de una cadena de socios voluntarios) puede ayudar a captar menos impactos climáticos severos e información sobre la muerte regresiva de los árboles detectados por la comunidad que no necesariamente requieren la eliminación del árbol.

6.-Desarrollar indicadores a nivel de especie que son observables y verificables, cuantitativas o cualitativas, relevantes para toma de decisiones locales, específicas y medibles, dinámicas (es decir, cambio durante períodos de tiempo relativamente cortos) y que se basen en los datos disponibles. Cuando los datos sobre las tolerancias fisiológicas de las especies estén disponibles, se pueden utilizar para comparar la vulnerabilidad entre las especies e identificar a las que corren mayor riesgo. Es recomendable utilizar índices que reflejen el margen de seguridad climática de cada especie. Para la tolerancia térmica, el el margen de seguridad térmica se define como la diferencia entre la temperatura de la hoja y la temperatura a la que se produce la pérdida de función. El margen de seguridad térmica se reconoce como un buen

indicador de la vulnerabilidad de las especies al cambio climático y su capacidad fisiológica para hacer frente y prosperar bajo temperaturas críticas. Las tolerancias fisiológicas de las especies a menudo se desconocen. Así, la información de las especies las distribuciones y los límites del nicho climático realizado pueden ser informativos. En este caso, un margen de seguridad térmica (o climática) se puede definir como el diferencia entre los límites del nicho climático de una especie

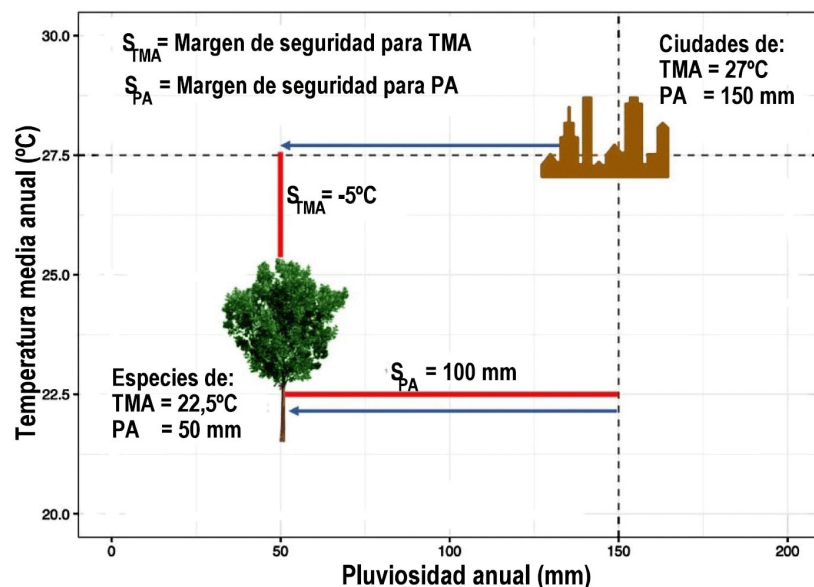


Fig.2. Margen de seguridad térmica y pluvial de una especie

en particular y clima del sitio de plantación. Los datos de los inventarios de árboles urbanos se pueden utilizar para calcular márgenes de seguridad basados en nichos climáticos. Dado que se sabe que muchas especies de árboles crecen bien fuera de sus rangos geográficos nativos, la sensibilidad climática inferida únicamente a partir de los límites del nicho climático deben interpretarse cuidadosamente y complementarse con información de tolerancia fisiológica y crecimiento y rendimiento observaciones cuando sea posible.

Una forma relativamente sencilla, aunque menos exacta, de evaluar el margen de seguridad de una especie consiste en ver la diferencia de condiciones de temperatura y pluviosidad entre el lugar de origen de la plan y el de la ciudad donde se ha importado. En la Fig.2 se aprecia que el margen de seguridad térmica (temperatura media anual) es de -5°C (margen negativo), mientras que la seguridad pluvial (pluviosidad anual) es de 100 mm (margen positivo), por lo que en principio no es una planta adaptada a las condiciones de la ciudad, pese a que desde el punto de vista pluvial su margen sea positivo. Pero es preciso averiguar la rusticidad de la planta ante estas condiciones térmicas adversas.

