



2025 | **16-20**
GIJÓN | **JUNIO**

9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-2028

Actas del Noveno Congreso Forestal Español
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza





Título de la aportación al 9º Congreso Forestal Español

El papel del bosque urbano como sumidero de carbono frente al Cambio Climático: modelos biométricos urbanos, ecuaciones alométricas y su aplicación en ecosistemas urbanos

FIGUEROA LUQUE T. (1), MATEOS MARTÍNEZ E. (1), FIGUEROA LUQUE E. (2), CAMBROLLÉ SILVA J. (1), LUQUE PALOMO T. (1), RUBIO GASTÓN J. (1), FIGUEROA CLEMENTE M.E. (1)

1. Departamento de Biología Vegetal y Ecología, Universidad de Sevilla.
2. Consultoría Estratégica de Servicios y Territorios; EverTree Partners

Resumen

El Cambio Climático afecta a la calidad de vida en las ciudades en cuanto a la calidad del aire y confort térmico. El alto nivel de tráfico urbano genera niveles altos de contaminación atmosférica entre los cuales se encuentran las emisiones de CO₂, NO₂ y material particulado (PM_{2.5} y PM₁₀). Se cuantificó la capacidad de depuración de la atmósfera urbana (NO₂, PM_{2.5} y PM₁₀) para las especies *Bauhinia variegata*; *Tipuana tipu* y *Koelreuteria paniculata*. Los resultados mostraron una capacidad para retirar NO₂ de 59 mg/día (*Koelreuteria paniculata*), 42,00 mg/día (*Tipuana tipu*) y 9,24 mg/día (*Bauhinia variegata*). En cuanto al material particulado, *Koelreuteria paniculata* mostró el valor de captación más elevado (3,74 mg/día y 8,01 mg/día) para PM_{2.5} y PM₁₀ respectivamente. Además, se cuantificó la atenuación de variables térmicas y radiativas que afectan al confort térmico de los ciudadanos concluyendo que todas las especies presentan un papel fundamental en la reducción del efecto isla de calor urbana, con valores de atenuación de UVA de hasta 99,44%. Cuantificar la capacidad de las diferentes especies de árboles resulta esencial ante el escenario de Emergencia Climática.

Palabras clave

Calidad del aire urbano, salud, material particulado, confort térmico, bosque urbano

1. Introducción

La salud pública y sus vínculos con la planificación urbana, la gestión de riesgos, el capital natural y el entorno construido de las ciudades han cobrado más relevancia que nunca en los últimos años (OMS, 2022). La planificación urbana es una intervención de salud pública que proporciona mecanismos para transformar los entornos físicos y sociales, reduciendo exposiciones nocivas y facilitando estilos de vida saludables (OMS, 2021). Entendemos la salud como lo hace la Organización Mundial de la Salud, es decir, ausencia de enfermedad y presencia de bienestar físico y mental, dicho de otro modo, un estado de completo bienestar físico, mental y social y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades, y en armonía con el medio ambiente (WHO, 1946). En la reunión de Quito de 2016, United Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development Habitat III, bajo el título Health as the Pulse of the New Urban Agenda se avanza en la idea de la importancia de la salud en las ciudades, como un elemento esencial para su construcción, ordenación y gestión. En el modelo de ciudad necesario para el siglo XXI, hay que llevar a cabo tanto acciones que eliminen los componentes de la matriz ambiental urbana que contribuyan a la pérdida de salud como acciones que



mejoren el bienestar de las personas en la ciudad (Figueroa-Luque et al., 2018; Figueroa & Díaz Galiano, 2018).

Las sustancias tóxicas y partículas de la atmósfera acaban con la vida de 7 millones de personas al año, tanto en espacios abiertos como cerrados; unos 400.000 europeos mueren al año por contaminación (Nieuwenhuijsen, 2016, 2021). El concepto de exposoma expresa la totalidad de las exposiciones ambientales, muchas de ellas generadoras de enfermedad o falta de confort especialmente para las poblaciones de riesgo, a las que se ven sometidas las personas a lo largo de su vida en la ciudad (Nieuwenhuijsen, 2021; Motairek et al., 2023). El calor extremo, inducido por el cambio climático, tiene profundas consecuencias en la vida diaria de las personas en el ámbito urbano (Kjellstrom, T. et al, 2016). La exposición a altas temperaturas ambientales sin compensación suficiente por los mecanismos de eliminación de calor corporal o por déficit de sombra en las calles, proveniente fundamentalmente de la falta de arbolado, puede producir diversos cuadros sistémicos (Barragán y Pascual, 2010; Kjellstrom, T. et al, 2016) como estrés térmico, agotamiento por calor, deshidratación, síncope por calor (pérdida temporal de la conciencia por reducción del riego cerebral precedido de mareo y náuseas), calambres por sudación excesiva debido al esfuerzo prolongado, golpe de calor, con mayor propensión a sufrirlo los niños, los obesos, los diabéticos y los mayores de sesenta años (Barragán & Pascual, 2010).

El bosque urbano, concentrado en pequeños espacios o mostrado en grandes parques urbanos, componente esencial de la infraestructura verde urbana, proporciona un apoyo cultural, regulador y esencial con provisión de servicios a comunidades urbanas. Durante mucho tiempo ha sido valorados por sus funciones recreativas (Florgård & Forsberg, 2006; Chen & Jim, 2008), más recientemente ha sido valorados por su papel de apoyo a la cohesión social (Seeland y Dübendorfer, 2009; Peters et al., 2010) y por su contribución a la salud física psicológica y social (Björk et al., 2008; Bowler et al., 2010; Figueroa & Figueroa-Luque Coordinadores, 2021). El término “calidad del aire” ha sido acuñado para reflejar la presencia (o ausencia) y abundancia de especies químicas que se sabe tienen un impacto negativo en la salud y/o el bienestar humano y/o tienen un impacto nocivo en el medio ambiente (Barragan, 2010; Pryar et al, 2015; Gardiner, 2021). La contaminación del aire urbano ocupa un lugar destacado en las agendas mundiales de salud y sostenibilidad (Nieuwenhuijsen, 2021; Pérez Velasco & Jarosinska, 2022), pero la información sobre las cargas de enfermedades asociadas a distintos niveles de contaminación a nivel de ciudad es limitada (Anenberg et al, 2019; Stafoggia et al., 2024). La exposición prolongada a contaminantes ambientales, particularmente al dióxido de nitrógeno (NO_2), está asociada con un aumento en enfermedades cardiovasculares. También causan estrés oxidativo e inflamación crónica, dos factores que exacerban el riesgo de infartos y otras complicaciones cardíacas (Bañeras et al, 2022; Liu et al, 2022). Se ha estimado que hasta el 48% de los casos de asma infantil en la ciudad de Barcelona podría atribuirse a la contaminación, especialmente en relación con NO_2 y $\text{PM}_{2.5}$. (Pierangeli et al, 2020). Además, se ha estudiado la relación entre la exposición a partículas en el aire (especialmente PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$) y el ingreso hospitalario de pacientes con insuficiencia cardíaca y síndrome coronario agudo. Los resultados muestran una correlación directa entre los picos de partículas en el aire y el aumento de ingresos hospitalarios por eventos cardíacos, sugiriendo que la contaminación del aire es un desencadenante importante de episodios cardiovasculares (Domínguez-Rodríguez et al., 2011).



El calor extremo, inducido por el cambio climático, tiene profundas consecuencias en la vida diaria de las personas en el ámbito urbano (Kjellstrom, T. et al, 2015; Kumar, 2021). La cuantificación del confort térmico en la ciudad es esencial para generar espacios saludables especialmente pensando en la población de riesgo ante el efecto isla de calor, ya que la vida saludable en la calle precisa de sombra, especialmente durante el verano, viéndose incrementada esta necesidad con el cambio climático (Ochoa de la Torre, 2009; Levy & Patz, 2015). Cuanto mayor sea la ciudad mayor será la isla urbana de calor y cada vez que la población se incrementa por diez, la temperatura aumenta tres grados centígrados, con una gran inequidad entre las diferentes zonas de las ciudades (Schilthuizen, 2019; Levy & Patz, 2015; Figueroa & Figueroa-Luque coord., 2021). La salud pública en las ciudades ha adquirido un peso importante en el marco de la ecología urbana, estableciéndose relaciones muy claras con la infraestructura verde (Ochoa de la Torre, 2009; Coutts, 2016; Calaza, 2016; Figueroa y Díaz-Galiano Moya, 2018; Figueroa-Luque et al., 2018; Ferrini et al., 2019; Diputación de Barcelona, 2019; Mateos Martínez et al, 2020; Figueroa-Luque et al, 2019; Figueroa-Luque et al, 2020a; Figueroa-Luque et al., 2020b; Figueroa-Luque et al, 2021; Nakamura ed, 2022; Figueroa-Luque et al., 2022).

2. Objetivos

El objetivo de este artículo es cuantificar el papel que juegan algunas especies de árboles que son empleadas habitualmente en entornos urbanos en la mejora de la calidad del aire y el confort ambiental basándose en ensayos experimentales sobre la realidad de los ecosistemas urbanos.

3. Metodología

Capacidad de depuración del aire

Se desarrolló una cámara construida en polipropileno con una estructura de soporte metálica y cierres metálicos que aseguran su hermeticidad. La cámara incorpora varios racores que permiten la conexión con los equipos necesarios. Sus dimensiones son de 2 m de altura, 1,2 m de ancho y 0,74 m de profundidad, con un espesor de pared de 12 mm. En la parte superior, dispone de un sistema de iluminación con bombillas de luz blanca de sodio que proporcionan una intensidad lumínica de 30.000 lux, medida con un radiómetro calibrado para el rango de 400-800 nm.

En la sección inferior, se añadió un conducto diseñado para inyectar contaminantes generados por un motor diésel, el cual actúa como fuente de emisión. Este conducto se conecta al tubo de escape del motor, adaptándose a los racores de la cámara para evitar fugas y garantizar la transferencia íntegra del flujo de contaminantes al interior. Dentro de la cámara, se instalaron medidores de gases (Aeroqual, AQ-500) con sensores específicos para determinar las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO₂) y material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}), así como equipos para medir la temperatura y la humedad relativa del aire.

Con el objetivo de evaluar la capacidad de depuración de diferentes especies vegetales, se realizó inicialmente un experimento control (blanco experimental) sin presencia de plantas. Este ensayo permitió analizar el comportamiento de los gases y del material particulado dentro de la cámara antes de introducir las



plantas, sirviendo como referencia para posteriores comparaciones. Los datos se registraron durante un período de dos horas, con una frecuencia de medición de un minuto. Durante los experimentos, la temperatura interna de la cámara osciló entre 20 y 25°C, y la humedad relativa se mantuvo en un 45 %.

Para determinar la eficacia de las especies vegetales en la reducción de contaminantes, se cuantificó la superficie foliar de cada planta introducida en la cámara. Esto permitió calcular la capacidad de descontaminación por unidad de superficie foliar ($\mu\text{g}/\text{cm}^2\cdot\text{día}$). Las hojas de una maceta de cada especie se recolectaron, se pesaron en una balanza de precisión (PEREL balanza digital) y se escanearon (EPSON V6000). La superficie foliar total se determinó mediante un software especializado de análisis de imágenes (Software HOJAS). Los resultados incluyeron tanto la superficie foliar total como la biomasa fresca (en gramos) correspondiente a cada maceta.

Para poder cuantificar la capacidad potencial que presenta un ejemplar adulto de las especies estudiadas, se tomaron medidas biométricas de ejemplares desarrollados en espacios urbanos, con un DBH aproximado a 30 cm. Se cuantificó el diámetro a la altura del pecho (DBH) mediante una cinta dendométrica, el diámetro de copa mediante un medidor de distancia láser, la altura total del árbol con un hipsómetro y el índice de área foliar (LAI) con un ceptómetro (AccuPAR PAR/LAI LP-80).

Capacidad de mejora del confort térmico

Se realizaron mediciones en la ciudad de Sevilla, al mediodía (12:00-16:00 horas) durante el verano, tanto a plena exposición solar como en las áreas de sombra proyectadas por diferentes especies de árboles, evaluando diversas variables asociadas al estrés térmico y radiativo. Las variables cuantificadas incluyeron: radiación solar total incidente, medida con un radiómetro calibrado para el rango de 400-800 nm y radiación UVA y UVB+C, registrada mediante un sensor UV (100-400 nm). A partir de la comparación de los valores registrados en condiciones de sol directo y en sombra bajo el dosel arbóreo, se calculó el porcentaje de atenuación para cada variable analizada. Este análisis permitió determinar un valor característico de atenuación para cada especie de arbolado urbano evaluada.

4. Resultados

Se calculó la cantidad de dióxido de nitrógeno y de material particulado potencialmente absorbido por ejemplares de árboles adultos (30 cm de DBH) de diferentes especies. Los resultados relativos a la cuantificación de la superficie foliar total que presenta cada ejemplar fue de $59,3\pm 14,4 \text{ m}^2$ para la *Bauhinia variegata*, $267\pm 75,5 \text{ m}^2$ para *Koelreuteria paniculata* y $262,5\pm 62,8 \text{ m}^2$ para *Tipuana tipu*. Se calculó la cantidad total absorbida por la superficie total de cada ejemplar a partir de la capacidad intrínseca de cada especie (mg de contaminante absorbido/ cm^2 de hoja) obtenido a través del experimento en la cámara de contaminación. Los resultados se muestran en la figura 1 y 2.

La especie *Koelreuteria paniculata* presenta valores más elevados de dióxido de nitrógeno retirados de la atmósfera durante un día, seguido de *Tipuana tipu* y por último *Bauhinia variegata*. Se observa el mismo comportamiento en el experimento de capacidad de absorción de material particulado. La especie que mostró valores más elevados de captación de NO_2 por unidad de superficie foliar

fue *Koelreuteria paniculata*, mientras que *Bauhinia variegata* mostró los valores más elevados en cuanto a capacidad de captación de material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$).

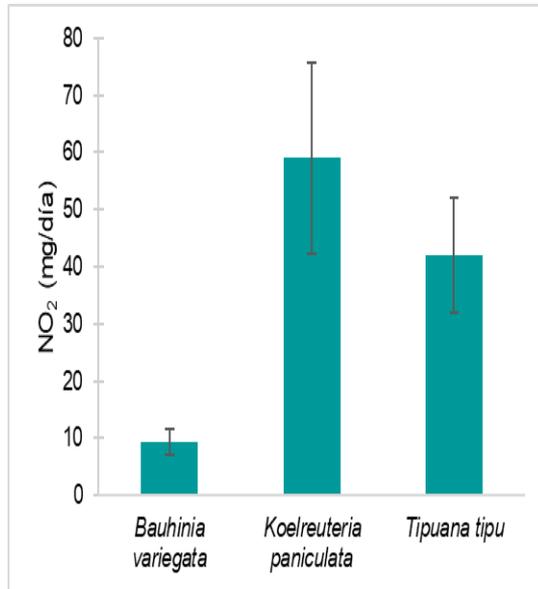


Figura 1. Dióxido de nitrógeno diario absorbido por ejemplares arbóreos de 30 cm de DBH. Se señala la desviación típica.

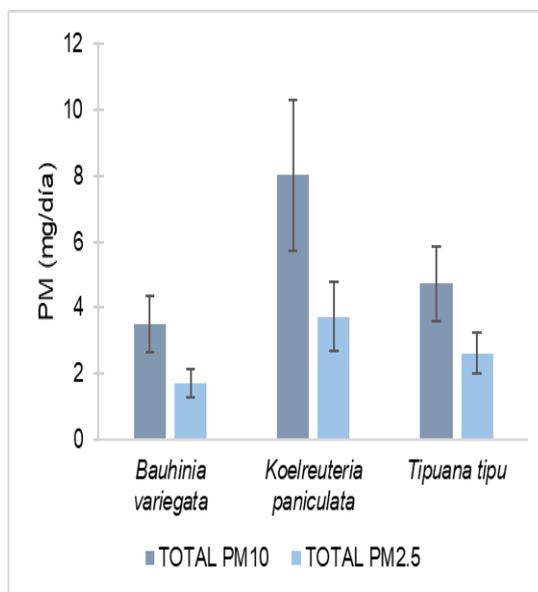


Figura 2. Material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) diario absorbido por ejemplares arbóreos de 30 cm de DBH. Se señala la desviación típica.

En relación con la mejora del confort térmico, *Bauhinia variegata* mostró el valor más elevado de atenuación de radiación solar (lux) logrando atenuar el 96,40%, *Tipuana tipu* logró disminuir este parámetro un 94,72% y *Koelreuteria paniculata* un 92,77%, mostrando todas las especies una gran capacidad para disminuir los niveles de exposición a la radiación solar total (Figura 3). Si



establecemos las comparativas de la capacidad de atenuar la radiación ultravioleta observamos que la especie *Koelreuteria paniculata* muestra los valores más elevados logrando disminuir la radiación UVA hasta un 99,4%, mientras que *Bauhinia variegata* logra reducirla un 90,9% y *Tipuana tipu* 86,7%. *Koelreuteria paniculata* mostró una reducción de la radiación UVB+C de un 90%, mientras que *Tipuana tipu* logra reducirla un 75% y *Bauhinia variegata* un 72,7%. Todas las especies muestran una alta capacidad para reducir esta variable radiativa (Figura 4).

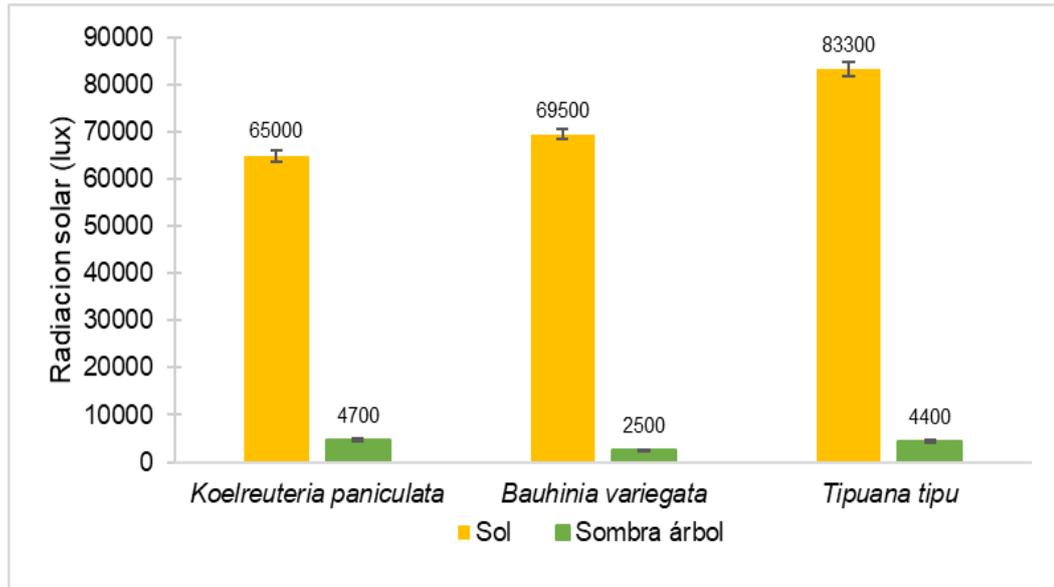
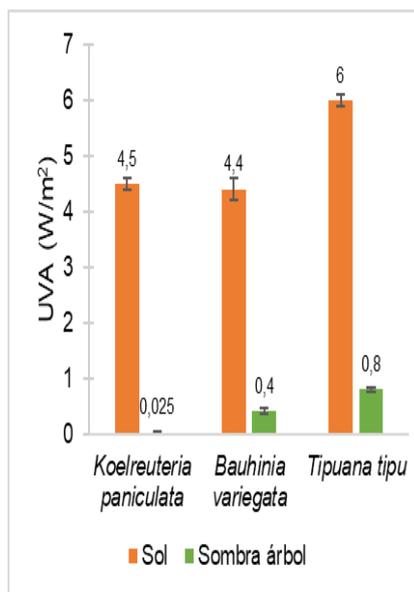


Figura 3. Radiación solar incidente (lux) registrada a pleno sol y bajo la sombra proyectada por las especies arbóreas. Se señala la desviación típica.



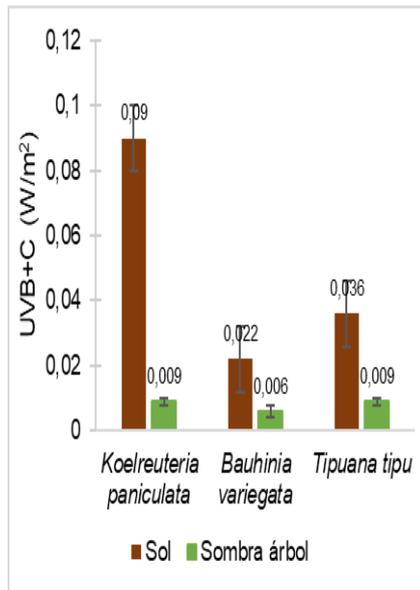


Figura 4. Radiación ultravioleta A y B+C registrada a pleno sol y bajo la sombra proyectada por las especies arbóreas. Se señala la desviación típica.

5. Discusión

Las especies estudiadas muestran capacidades ecológicas para retirar de la atmósfera urbana NO_2 y material particulado (PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$). Estos contaminantes tienen una clara incidencia en la salud, siendo objeto de preocupación por parte de los gestores de las ciudades y especialistas en la salud pública, ya que generan patologías diversas, en el marco del exposoma urbano (Nieuwenhuijsen, 2021; Motairek et al., 2023).

Si comparamos la capacidad de cada especie para el árbol en su conjunto, *Koelreuteria paniculata* mostró los valores más elevados tanto para la absorción de NO_2 como para la retirada de material particulado (PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$), sin embargo, si establecemos las comparativas en relación con la capacidad intrínseca foliar (mg de contaminante retirado/cm² de hoja), la especie *Bauhinia variegata* mostró los valores más elevados de captación de material particulado (PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$), siendo *Koelreuteria paniculata* la especie que presentó valores más elevados en relación con el NO_2 . Por tanto, nuestros resultados indican que la capacidad de biodepuración de la atmósfera urbana en relación con los distintos contaminantes muestra un comportamiento diferencial dependiendo de las especies implicadas en cada ciudad que debe ser puesto de manifiesto. Esto es esencial debido a que el número de patologías que puede producir la contaminación urbana es muy elevado: ictus, enfermedades degenerativas, trastornos mentales, enfermedades respiratorias, cáncer, neumonía, inflamación de las vías aéreas, reducción de la función pulmonar, enfermedades cardiovasculares, infarto de miocardio, arritmia, envejecimiento cutáneo, insuficiencia cardíaca, diabetes, hipertensión, inflamación sistémica y patologías en los fetos y efectos en la reproducción (Nieuwenhuijsen, 2021).

Tanto en la situación actual como en los escenarios previstos de cambio climático, los aspectos térmicos de las ciudades cobran especial relevancia. Una preocupación actual de los gestores de las ciudades es alcanzar niveles de sombreado que reduzcan tanto el efecto de isla térmica urbana, generador de estrés térmico, como los efectos de la radiación solar, especialmente la radiación



ultravioleta, ya que ambas cuestiones tienen efectos en la salud pública urbana (Kjellstrom, T. et al, 2015; Kumar, 2021). Nuestros resultados muestran que el conjunto de las especies arbóreas presenta una función en la atenuación de la radiación solar, con un valor promedio de reducción del 94,63 %, lo que implica una disminución de la emisión de calor de los diferentes pavimentos urbanos. También destacamos el papel del bosque urbano en la reducción del nivel de exposición a la radiación ultravioleta, logrando disminuir su valor un 92,3 % la radiación UVA y un 79,23 % la radiación UVB+C. Las variaciones entre la capacidad de atenuación de estas variables dependen de la arquitectura de la copa del árbol y el índice de área foliar. La exposición a altas temperaturas ambientales por déficit de sombra en las calles, proveniente fundamentalmente de la falta de arbolado, puede producir diversos cuadros sistémicos (Barragán & Pascual, 2010; Kjellstrom, T. et al, 2015) como estrés térmico, agotamiento por calor, deshidratación, síncope por calor (pérdida temporal de la conciencia por reducción del riego cerebral precedido de mareo y náuseas), calambres por sudación excesiva debido al esfuerzo prolongado, golpe de calor, con mayor propensión a sufrirlo los niños, los obesos, los diabéticos y los mayores de sesenta años (Barragán & Pascual, 2010).

Resulta esencial desarrollar estudios en las ciudades en relación con los efectos de las especies que integran el bosque urbano en la depuración de la atmósfera urbana y la atenuación de los efectos térmicos, reduciendo la isla de calor urbana. Ambas cuestiones tienen una gran incidencia en la mejora de la salud pública urbana.

6. Conclusiones

El arbolado de las ciudades posee la capacidad de retirar contaminantes de la atmósfera urbana, logrando mejorar la calidad del aire del exposoma urbano, lo que tiene incidencia en la salud de la ciudadanía. Existen diferencias entre las especies estudiadas, lo cual nos lleva a concluir que es necesario realizar estudios específicos del conjunto de las especies que forman el bosque urbano. La superficie foliar de cada árbol resulta un factor determinante en cuanto a la función del árbol en su conjunto en relación con la absorción de NO_2 y material particulado. La infraestructura verde urbana, especialmente el arbolado urbano, presenta una función esencial en la atenuación de las variables radiativas, lo que se traduce en una mejora del confort térmico. En los escenarios de cambio climático previstos en el marco de la emergencia climática, la capacidad de reducir los efectos de isla térmica urbana tiene también una fuerte incidencia en la salud y confort de la ciudadanía. Se deben realizar estudios conducentes a la determinación que, en el sentido indicado, juegan las distintas especies del bosque urbano.

7. **Agradecimientos** Esta investigación ha sido desarrollada en el marco de un proyecto concedido por el Centro para el Desarrollo Tecnológico y la Innovación (CDTI) llevado a cabo entre Consultoría Estratégica de Servicios y Territorios (CESYT) y la Universidad de Sevilla. Agradecemos el soporte administrativo que facilita la Fundación de Investigación de la Universidad de Sevilla (FIUS).

8. Bibliografía

Anenberg, S.C.; Achakulwisut, P.; Brauer, M.; Moran, D.; Apte, J.S.; Henze, D.H.;2019. Particulate matter-attributable mortality and relationships with carbon dioxide in



250 urban areas worldwide. *Scientific Reports. Nature Research*, 9, 11552.

Barragan, H. L., Pascual, A. y Barragan, S. L.; 2010. El medio ambiente y la salud de las comunidades. *En Desarrollo, salud humana y amenazas ambientales*, Editor Horacio L. Barragan. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata 95-136.

Björk, J., Albin, M., Grahn, P., Jacobsson, H., Ardö, J., Wadbro, J., Östergren, P., Skärbäck, E., 2008. Recreational values of the natural environment in relation to neighbourhood satisfaction, physical activity, obesity and wellbeing. *J. Epidemiol. Community Health*, 62, e2.

Bowler, D.E., Buyung-Ali, L., Knight, T.M., Pullin, A.S., 2010. Urban greening to cool towns and cities: a systematic review of the empirical evidence. *Landscape Urban Plan.* 97, 147–155.

Calaza, P.; 2016. Infraestructura verde. Sistema natural de salud pública. Mundi Prensa.

Chen, W.Y. & Jim, C.Y., 2008. Cost-benefit analysis of the leisure value of urban greening in the new Chinese city of Zhuhai. *Cities* 25, 298–309.

Coutts, C.; 2016. Green Infrastructure and Public Health. Routledge

Diputación de Barcelona.; 2019. Renaturalización de la ciudad. Medi Ambient i Sostenibilitat, Urbanisme.

Figueroa Clemente, M.E. & Díaz-Galiano Moya, L.A.; 2018. Los árboles urbanos y la salud ambiental. *La Cultura del Árbol. Revista Oficial de la Asociación Española de Arboricultura*. Abril, 80, 54-5.

Figueroa-Luque, T.; Cano-García, L.; Figueroa-Luque, E.; 2018. Salud, árboles y ciudad. *La Cultura del árbol. Revista Oficial de la Asociación Española de Arboricultura*. 81, 44-51

Figueroa-Luque, E.; Mateos-Martínez, E.; Figueroa-Luque, T.; Luque Palomo, T.; Figueroa, M.E.; 2020a. El papel de los árboles urbanos en la atenuación de la radiación ultravioleta, una clave para ciudades saludables en el siglo XXI. *La Cultura del Árbol, Revista Oficial de la Asociación Española de Arboricultura*. 87, 20-25.

Figueroa-Luque, T.; Figueroa-Luque, E.; Mateos-Martínez, E.; Luque Palomo, T., Figueroa, M.E.; 2020b. El papel de los árboles en la generación de salud y conforten las ciclovías urbanas. *La Cultura del Árbol, Revista Oficial de la Asociación Española de Arboricultura*, 86, 16-23.

Figueroa-Luque, E.; Mateos-Martínez, E.; Figueroa-Luque, T.; Perdices Uroz, S., Brarionuevo Grabinski, P.; Torrijos Martí, J.; Luque palomo, T.; Figueroa, M.E.; 2021. Estudio de la concentración e compuestos orgánicos volátiles (COVs) y cuantificación de los factores de emisión del arbolado urbano. *La Cultura del Árbol, Revista Oficial de la Asociación Española de Arboricultura*, 90, 12-16.

Figueroa, M.E.; Figueroa-Luque, E.; Figueroa-Luque, T., Luque, T.; 2021. la ciudad como sistema complejo ante un paisaje de incertidumbre. *Editorial Universidad de Sevilla. Colección de Sostenibilidad*, 9.

Figueroa-Luque, T.; Mateos-Martínez, E.; Figueroa-Luque, E.; Pedices Uroz, S.; Atienza Gatnau, B.; Rabella Miralles, M.; Cambrollé Silva, J.; 2022. La importancia de los árboles en la calidad ambiental de las áreas de juegos infantiles. *La Cultura del Árbol, Revista Oficial de la Asociación Española de Arboricultura*, 92, 12-17.



Florgård, C. & Forsberg, O., 2006. Residents' use of remnant natural vegetation in the residential area of Jarvafaltet, Stockholm. *Urban Forest. Urban Green.* 5 (2), 83–92.

Gardiner, B.; 2021. El precio letal del aire contaminado. *National Geographic*, abril, 2-27

Levy, B.S. & Patz, J.A.;2015. Climate Change, Human Rights, and Social Justice. *Annals of Global Health*, 81, 310-322

Mateos-Martínez, E., Figueroa-Luque, E.; Figueroa-Luque, T.; Perdices Uroz, S.; Barrionuevo Grabinski, P.; Luque palomo, T.; Figueroa, M.E.; 2020. El árbol urbano como sumidero de partículas PM_{2.5} y PM₁₀ ante la necesidad de salud en las ciudades. *La Cultura del Árbol, Revista Oficial de la Asociación Española de Arboricultura*, 88, 30-36.

Motairek, I.; Makhlof, M.H.E.; Rajagopalan, S.; Al-Kindi, S.; 2023. The Exposome and Cardiovascular Health. *Canadian Journal of Cardiology*, 39, 9, 1191-1203.

Nakamura, F. editor; 2022. Green Infraestructura and Climatic Change Adaptation. *Springer*

Nieuwenhuijsen, M. J.; 2016. Urban and transport planning, environmental exposures and health-new concepts, methods and tools to improve health in cities. *Environmental Health*, 15 (suppl 1), 38.

Nieuwenhuijsen, M. J.; 2021. New urban models for more sustainable, liveable and healthier cities post covid19; reducing air pollution, noise and heat island effects and increasing green space and physical activity. *Environment International*, 157, 106850.

Ochoa de la Torre, J.M.; 2009. Ciudad, vegetación y cambio climático. *Erasmus Ediciones*.

OMS; 2021. Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire. Resumen Ejecutivo.

OMS;2022. Review of indicator frameworks supporting urban planning for resilience and health.

Pérez Velasco R, Jarosińska D; 2022. Update of the WHO global air quality guidelines: Systematic reviews - An introduction. *Environ Int.* 2022.

Peters, K., Elands, B., Buijs, A., 2010. Social interactions in urban parks: stimulating social cohesion? *Urban Forest. Urban Green.* 9, 93–100.

Pryar, S.C.; Crippa, P.; Sullivan, R.C.; 2015. Atmospheric Chemistry. Reference Module in earth Systems and Environmental Sciences.

Seeland, K., Dübendorfer, S., 2009. Making friends in Zurich's urban forests and parks: the role of public green space for social inclusion of youths from different cultures. *Forest Pol. Econ.* 11, 10–17.

WHO; 1946. Preamble to the Constitution of the World Health organization as adopted by the International Health Conference. *Official Records of the World Health Organization*, 2.