

LIBRO DE ACTAS

48 Congreso de Parques y Jardines Públicos PARJAP ZARAGOZA 2022

http://www.aepjp.es/

Título: 48 Congreso de Parques y Jardines Públicos PARJAP. Murcia: Libro de Actas

Editores: Esperanza Ayuga-Téllez, Universidad Politécnica de Madrid, España;
António Ugidos Álvarez.

Edición: 1ª edición, 2023

Edita: Asociación Española de Parques y Jardines Públicos
C/ Madrid s/n, esquina calle Río-Humera. Pozuelo de Alarcón - 28223
+34 917990394 / +34 917375975
secretaria@aepjp.es

ISBN: 978-84-09-51947-7

Por favor, use el siguiente formato para citar los trabajos presentados en estas Actas:
Autor(es) (2022). Título. En E. Ayuga-Téllez, A. Ugidos (Eds.) Actas del 48 Congreso de Parques y Jardines Públicos PARJAP. Zaragoza, Asociación Española de Parques y Jardines Públicos, pp. xxx-xxx.

Please, use the following format for citation:
Author(s) (2022). Title. In: E. Ayuga-Téllez, A. Ugidos (Eds.) Actas del 48 Congreso de Parques y Jardines Públicos PARJAP. Zaragoza, Asociación Española de Parques y Jardines Públicos, pp. xxx-xxx.

48 Congreso de Parques y Jardines Públicos

Bosques Urbanos: la trama verde para la ciudad sostenible

Libro de Actas

Editado por

Esperanza Ayuga-Téllez

y

António Ugidos Álvarez

http://www.aepjp.es/

48 Congreso de Parques y Jardines Públicos

PATROCINADORES

MEDIA PARTNERS

48 Congreso de Parques y Jardines Públicos

PRÓLOGO

El 48º congreso de Parques y Jardines Públicos PARJAP se centró en 2022 en la gestión de los bosques urbanos, la gobernanza del capital natural y los retos de la naturalización bajo el lema "Bosques Urbanos: la trama verde para la ciudad sostenible". El evento reunió a casi 500 profesionales en el magnífico Auditorio de Zaragoza durante los días 25, 26 y 27 de mayo, y en esta edición volvió a conectar de manera presencial a profesionales de diferentes lugares del mundo para analizar, debatir y compartir experiencias sobre la infraestructura verde urbana.

El programa del congreso intentó elucidar los retos que aguardan a las ciudades en el ámbito de la gestión de la infraestructura verde desde la perspectiva de la gestión global del bosque urbano, donde el árbol realiza una función esencial en la prestación de servicios ecosistémicos y socioambientales mediante ponencias y debates organizados en cuatro bloques temáticos: La visión e implementación de los bosques urbanos, Naturalización urbana: estrategia, métrica y gobernanza, El capital natural como inversión: economía circular y salud, y La gestión de la infraestructura verde urbana: retos y oportunidades.

La AEPJP lleva 49 años reuniendo el conocimiento más avanzado sobre la gestión del verde por parte de profesionales destacados del sector para conectarlo con cotidiana realidad de los gestores de la infraestructura verde pública. Así, además de destacar la relevancia de los bosques urbanos el congreso intentó hacer ver como la percepción ciudadana del verde urbano depende cada día más del acceso a datos e información; como la estrategia, la métrica y la gobernanza son necesarias para el despliegue de la naturalización urbana como herramienta contra la crisis climática; como el capital natural constituye una inversión en salud y cómo influye en la implementación de formas de economía verde y circular en la configuración de un nuevo urbanismo saludable.

Todas estas complejas ideas se sometieron al escrutinio inapelable de aquellos que confrontan realmente los retos y realidades de realización y la gestión de la infraestructura verde pública mediante un conjunto de ponencias y coloquios enfocados en las soluciones basadas en la naturaleza ahora y en el futuro.

Pero estas voces, a pesar del vistoso despliegue de experiencia y conocimiento no fueron las únicas muestras de saber que ofreció el congreso. Por una parte, gracias a la colaboración de la Biblioteca del Centre de Formació del Laberint (BCFL) de Barcelona y del Centro de Documentación del Agua y el Medio Ambiente (CDAMAZ) de Zaragoza pudimos disponer de una fantástica Guía de lectura y recursos de información dedicada a los bosques urbanos y la percepción de un nuevo urbanismo saludable.

Por otra dispusimos de cinco comunicaciones de diversos autores, entre los que me cuento. No es que mi labor de coordinación me permitiese tomarme mucho tiempo libre durante los meses previos al congreso, más bien al contrario. Pero me pareció oportuno contribuir

de forma personal al acervo del conocimiento profesional con un punto de vista distante y sosegado sobre un tema sobre el que se había debatido durante varios años de forma acalorada, "El caso del glifosato y su impacto en la gestión de la Infraestructura Verde".
Otras dos excelentes contribuciones han venido de la mano de Susana Domínguez, con una comunicación sobre "La educación arbórea y la necesidad de generar mayor acercamiento del árbol urbano con la sociedad. El caso del Comic El Valor de los Árboles" y un "Estudio y valoración de los servicios ecosistémicos del arbolado urbano de la urbanización Zulema-Villalbilla (Comunidad de Madrid)", dos documentos que hablan de su amplitud intelectual y de la transversalidad de su pensamiento en todo lo que se refiere al árbol.
No faltó tampoco una comunicación que hiciese alarde de rigor científico y precisión en sus contenidos, como fue el caso de Javier Chico con su "Estudio de la posible influencia de las variables meteorológicas sobre la concentración del polen de varios tipos polínicos arbóreos", que amplió nuestro conocimiento sobre los procesos que fomentan la concentración de polen en el espacio urbano.
Por último, el congreso recibió una comunicación de una joven académica y profesional, mi hija Auri, que presentó bajo el título "Naturaleza, salud y bienestar: como conectar en un ambiente urbano" una amalgama de los conocimientos adquiridos durante su colaboración con una ONG dedicada a mejorar la salud mental de las personas en el Reino Unido que me produce una inmensa sensación de orgullo por motivos distintos de su interés intrínseco.
Todas estas comunicaciones tienen en común un aspecto: intentan actualizar el conocimiento técnico transversal para reajustar la gestión del bosque urbano a una nueva visión urbana, que abraza la naturalización, la conservación de la biodiversidad y el acercamiento de la ciudadanía para que pueda participar planamente en la gestión del verde urbano. De una forma callada y efectiva representan también la inmensa labor del Comité científico de la AEPJP y especialmente de Esperanza Ayuga-Téllez, sin cuyo buen hacer estas actas no verían la luz de la forma que merecen.

Gabino Carballo, Coordinador del 48º Congreso de Parques y Jardines Públicos.

El Comité Organizador comprende dos Grupos de Trabajo independientes, integrados conjuntamente por miembros de la Asociación y representantes del Ayuntamiento de Zaragoza

Comité Científico
José Arrieta
Esperanza Ayuga -Téllez
Pedro Calaza
Gabino Carballo
Antonio Ugidos

ÍNDICE

COMUNICACIONES

Gabino Carballo Pérez. **El caso del glifosato y su impacto en la gestión de la Infraestructura Verde**. 5

Auri Carballo Rolph. **Naturaleza, salud y bienestar: como conectar en un ambiente urbano.** 21

J. Chico-Fernández; E. Ayuga-Téllez. **Estudio de la posible influencia de las variables meteorológicas sobre la concentración del polen de varios tipos polínicos arbóreos.** 31

Susana Domínguez-Lerena. **La educación arbórea y la necesidad de generar mayor acercamiento del árbol urbano con la sociedad. El caso del Comic "El Valor de los Árboles".** 47

Susana Domínguez-Lerena, A. Manzano Rodríguez, V. Aguilar Parra. **Estudio y valoración de los servicios ecosistémicos del arbolado urbano de la urbanización Zulema-Villalbilla (Comunidad de Madrid).** 51

PONENCIAS

Simone Borelli. **La Gobernanza de la gestión de los árboles urbanos.** 73

Daniel Boulens. **The Future of Urban Forests: Creation and Ecological Management. The example of the City and Metropolis of LYON (France).** 79

PATROCINADORES

MEDIA PARTNERS

El caso del glifosato y su impacto en la gestión de la Infraestructura Verde urbana

Gabino Carballo Pérez

Paisajista y técnico de gestión de proyectos. Técnico Superior del Verde. *Ajuntament de Barcelona*; gabinocarballo@gmail.com

Resumen en español: El glifosato actúa como herbicida no selectivo que afecta las vías que permiten el crecimiento vegetal y es el compuesto químico que hace eficaz al famoso herbicida Roundup® y otras formulaciones comerciales de uso profesional y doméstico. Inventado en la década de los 70, se trata de un herbicida de amplio espectro que ha alcanzado las mayores ventas a nivel mundial, y sus usos agrícolas han aumentado con la modificación genética de diversas cosechas. El glifosato se ha considerado un compuesto seguro en el medio ambiente, por lo que su uso se ha generalizado y extendido por todo el mundo. Posee actualmente una clasificación armonizada europea como sustancia causante de daños oculares graves y como tóxico para la vida acuática. Los residuos de glifosato son apenas detectables, un fenómeno denominado como "paradoja del glifosato", que representa un problema para el monitoreo biológico y el estudio de sus posibles repercusiones en los ecosistemas. El consenso científico actual atribuye la pérdida de biodiversidad al uso generalizado de productos químicos de síntesis, entre otros factores. En marzo de 2015, la IARC evaluó la carcinogenicidad del glifosato, y lo clasificó como probablemente cancerígeno para los humanos. Después de esta clasificación, diversas jurisdicciones promulgaron regulaciones para restringir el uso de este potencial carcinógeno. En la Unión Europea, la Comisión publicó, en diciembre de 2017, el Reglamento de ejecución 2017/2324 que renueva la aprobación del glifosato hasta el 15 de diciembre de 2022. Las posturas divergentes entre organismos internacionales y el debate motivado posteriormente entre instituciones científicas y políticas sobre la clasificación como carcinógeno o no del glifosato ha generado una amplia literatura y un debate sobre sus riesgos. El uso extensivo de herbicidas en todo el mundo constituye un problema por la contaminación química y la degradación de los ecosistemas que provocan. En el caso del glifosato, su uso generalizado parece haber resultado en la presencia de residuos en el polvo doméstico, el suelo, el agua y los alimentos. Los estudios indican que no resulta posible descartar efectos sinérgicos entre el glifosato y sus coformulantes comunes. Los ensayos indican que el glifosato es menos tóxico que estos, y el grupo de expertos de la EFSA considera que no pueden extraerse conclusiones sobre la seguridad de los residuos de preparados de glifosato; y que las mezclas aplicadas muestran una toxicidad mayor que la del principio activo por sí solo. Sobre la base de estos informes de evaluación, la Comisión Europea publicó, en junio de 2016, los reglamentos 2016/1056 y 2016/1313, en los que se añadían nuevas disposiciones específicas para tener en cuenta en las autorizaciones por parte de los estados miembros. Se decidió que, en las autorizaciones de uso de glifosato, se evaluarán especialmente los riesgos derivados del uso no agrícola, reduciendo al máximo las aplicaciones en parques y jardines públicos, campos de deporte y áreas de recreo, y otras formas de infraestructura verde, ya que este tipo de aplicaciones puede provocar una contaminación más intensa y directa que los usos agrícolas. La cuestión de la renovación del glifosato en la UE y los informes de evaluación correspondientes muestran claramente una diferencia fundamental entre los métodos de evaluación de peligros y riesgos potenciales de los productos regulados respecto al método científico de la IARC, que se centra en los posibles peligros para la salud humana y animal derivados del producto y la exposición al mismo. Las autoridades de la UE, en el procedimiento de renovación de herbicidas se centran en los ingredientes activos, mientras que en situaciones de la vida real los ciudadanos son expuestos a productos comerciales complejos formulados. Además, tiene en cuenta consideraciones de carácter técnico y comercial, así como intereses de parte en sus evaluaciones. Los efectos negativos de la utilización del glifosato en la biodiversidad y el medio ambiente están ampliamente documentados por las agencias relevantes europeas. El glifosato y sus derivados presentan más riesgos de lo que en un principio se le atribuyen y su supuesta inocuidad se fundamenta en la dificultad para detectar su presencia, y en la realización de estudios sesgados. El debate sobre el uso de este compuesto químico ha servido para reconsiderar la posición técnica y profesional respecto al manejo y aplicación general de productos químicos de síntesis en la gestión del verde urbano. Los riesgos exceden sus beneficios, y su aplicación extensiva pertenece ya al pasado de la gestión del espacio público. Los gestores de la infraestructura verde deben ejercer sus atribuciones en las decisiones de manejo con responsabilidad y apego a la veracidad y a la responsabilidad ética, necesaria en la toma de decisiones que pueden comprometer los derechos de la ciudadanía. A medida que se ha comprendido mejor lo que implica el uso de estos productos para trabajadores, ciudadanos y la biodiversidad, el uso de glifosato ha pasado a formar parte de una tradición de técnicas fallidas. Existen otras formas de manejo y la gestión de la infraestructura verde avanza hacia una gestión integrada de plagas fundamentada en el control biológico conservativo con métodos de manejo orientados a obtener espacios verdes plenamente saludables.

Abstract in English: Glyphosate acts as a non-selective herbicide that affects the pathways that allow plant growth and is the chemical compound that makes the famous herbicide Roundup® and other commercial formulations for professional and domestic use effective. Invented in the 1970s, it is a broad-spectrum herbicide that has achieved the highest sales worldwide, and its agricultural uses have increased with the genetic modification of various crops. Glyphosate has been considered a safe compound in the environment, so its use has become widespread throughout the world. It currently has a European harmonized classification as a substance causing serious eye damage and as toxic to aquatic life. Glyphosate residues are barely detectable, a phenomenon known as the "glyphosate paradox", which represents a problem for biological monitoring and the study of its possible repercussions on ecosystems. The current scientific consensus attributes the loss of biodiversity to the widespread use of synthetic chemicals, among other factors. In March 2015, the IARC evaluated the carcinogenicity of glyphosate, classifying it as probably carcinogenic to humans. Following this classification, various jurisdictions enacted regulations to restrict the use of this potential carcinogen. In the European Union, the Commission published, in December 2017, the Execution Regulation 2017/2324 that renews the approval of glyphosate until December 15, 2022. The divergent positions between international organizations and the subsequent debate between scientific and political institutions regarding differences concerning the classification of glyphosate as carcinogenic has generated an extensive literature and a debate about its risks. The extensive use of herbicides throughout the world constitutes a problem due to the chemical contamination and the degradation of the ecosystems that they cause. In the case of glyphosate, its widespread use appears to have resulted in residues in household dust, soil, water, and food. Studies indicate that synergistic effects between glyphosate and its common co-formulants cannot be ruled out. The tests indicate that glyphosate is less toxic than these, and the EFSA expert group considers that no conclusions can be drawn on the safety of residues of glyphosate preparations; and that the applied mixtures show a higher toxicity than that of the active ingredient by itself. Based on these evaluation reports, the European Commission published, in June 2016, regulations 2016/1056 and 2016/1313, in which new specific provisions were added to be considered in the authorizations by the member states. In the authorizations for the use of glyphosate, the risks derived from non-agricultural use will be specially evaluated, and they will minimize applications in parks and public gardens, sports fields and recreation areas, and other forms of green infrastructure, since that this type of application can cause more intense and direct pollution than agricultural uses. The issue of the renewal of glyphosate in the EU and the equivalence reports show a fundamental difference between the methods of assessing the potential hazards and risks of regulated products compared to the IARC scientific method, which focuses on potential hazards for human and animal health derived from the product and exposure to it. The EU authorities, in the herbicide renewal procedure focus on the active ingredients, while in real life situations citizens are exposed to complex formulated commercial products. In addition, it takes into account considerations of technical and commercial nature, as well as third party interests in its evaluations. The negative effects of the use of glyphosate on biodiversity and the environment have been acknowledged by the relevant European agencies. Glyphosate and its derivatives present more risks than initially attributed to them and their supposed innocuousness is based on the difficulty in detecting their presence, and on the results of biased studies. The debate on the use of this chemical compound has served to reconsider the technical and professional position regarding the handling and general application of synthetic chemical products in urban green management. The risks exceed its benefits, and its extensive application belongs to the past of public space management. Green infrastructure managers must exercise their powers in management decisions with responsibility and adherence to truthfulness and ethical responsibility, necessary in making decisions that can compromise the rights of citizens. As the implications of using these products for workers, citizens, and biodiversity have become better understood, the use of glyphosate has become part of a tradition of failed techniques. There are other forms of management, and the management of green infrastructure is moving towards integrated pest management based on conservative biological control with management methods aimed at obtaining fully healthy green spaces.

Palabras clave: glifosato; gestión; infraestructura; verde; parques; jardines; control; biológico; biodiversidad; salud.
Keywords: glyphosate; management; infrastructure; green; parks; gardens; control; biological; biodiversity; health

1. Introducción

El glifosato (GLI), también conocido como N-(fosfonometil)glicina, actúa como herbicida no selectivo que afecta la síntesis de proteínas y las vías biosintéticas que permiten el crecimiento vegetal. Se trata de un análogo estructural del fosfoenolpiruvato, es un inhibidor muy potente de la enzima EPSP sintasa, muy importante en la ruta metabólica del ácido shikímico, la más importante para generar compuestos fenólicos (1) y productos aromáticos como las ligninas, alcaloides, flavonoides, ácidos benzoicos

y fitohormonas, además de algunos de los aminoácidos necesarios para la síntesis de proteínas. Se estima que hasta un 20% del carbono fijado durante el proceso de fotosíntesis se utiliza en esta ruta metabólica. Inhibe específicamente la síntesis de aminoácidos aromáticos, con bajos efectos sobre otras enzimas metabolizadoras de fosfoenolpiruvato. La interrupción de la ruta del shikimato por el glifosato tiene un efecto letal en las plantas, pero no en los animales, dado que esta vía no se encuentra en su metabolismo (2).

El glifosato es el compuesto químico que hace tan eficaz al famoso herbicida Roundup® y a multitud de formulaciones comerciales de uso profesional y doméstico. Inventado por Monsanto en la década de los 70, su patente expiró en el año 2000 y la mayor parte de su producción actual se concentra en China (3). Al tratarse de un herbicida de muy amplio espectro ha alcanzado las mayores ventas a nivel mundial, y sus usos agrícolas han aumentado considerablemente con la modificación genética (GM) de diversas cosechas para hacerlas resistentes a este herbicida (4).

Se trata de una sustancia química no volátil, que no sufre degradación fotoquímica y es estable en el aire. Debido a su rápida inactivación en el suelo, el glifosato se ha considerado un compuesto relativamente seguro en el medio ambiente, por lo su uso se ha generalizado y extendido por todo el mundo y todo tipo de ambientes naturales y urbanos. El glifosato se comercializa en diversas formas de sales y constituye el ingrediente activo en numerosos productos herbicidas -conocidos como herbicidas a base de glifosato o (GBH)- utilizados en áreas naturales y urbanas de todo tipo para controlar plantas anuales de hoja ancha, pastos y juncos en campos y cultivos. Este uso extensivo y generalizado ha acabado llamando la atención de los científicos y ha multiplicado la preocupación y los estudios sobre el comportamiento del glifosato y sus derivados en el medio ambiente y la salud humana en los últimos (5).

2. La paradoja del glifosato

El glifosato posee actualmente una clasificación armonizada europea como sustancia causante de daños oculares graves y como tóxico para la vida acuática con efectos duraderos (6). A pesar de esta clasificación, los residuos de glifosato son apenas detectables por sus propiedades fisicoquímicas, que dificultan su determinación analítica y su identificación en el medio ambiente y los seres vivos. A este fenómeno se lo denomina como la "paradoja del glifosato", y representa un grave problema para el monitoreo biológico y el estudio de sus posibles repercusiones en los ecosistemas (7). Por ejemplo, un estudio estadounidense de 2017 observa una correlación negativa entre la utilización del glifosato y la abundancia de mariposas monarca adultas, especialmente en las zonas de concentración de agricultura intensiva (8).

Diversos autores señalan que esta situación resulta preocupante si se consideran los efectos que puede sufrir la biodiversidad, tanto la que podemos observar con relativa facilidad, como la denominada biodiversidad oscura, que es aquella no detectable con medios de estudio habituales o que no se ha estudiado todavía (9). En los últimos años han salido a la luz algunos efectos inesperados de la contaminación química sobre la biodiversidad formada por invertebrados, hongos, bacterias y el propio sistema edáfico. Los estudios indican un acusado declive cuantitativo y cualitativo en los indicadores de biodiversidad, que el consenso científico actual atribuye en primer lugar a la modificación y destrucción de hábitats silvestres, seguido del uso generalizado de productos químicos de síntesis. Aunque estos pueden ser inocuos sobre el papel, los datos indican que una vez liberados podrían estar acumulándose en el medio e interactuando entre sí para producir efectos secundarios indeseados (10).

Esta situación presenta un importante desafío para el uso de productos fitosanitarios, la práctica de la actividad agrícola, la silvicultura y el modelo de urbanización del territorio, tal y como se realizan actualmente, ya que su impacto podría ser muy superior al detectado hasta la fecha. Para poder evaluar la presencia de glifosato en organismos distintos de las especies objetivo se necesitan ciertos cambios en la metodología de los estudios científicos, como el realizado recientemente por Martinez-Haro *et al.* de 2022, que ha detectado la presencia de glifosato en el organismo de animales de caza, algo que en principio no debería ocurrir. Los hallazgos muestran que en áreas agrícolas donde se aplican herbicidas, entre el 9% y el 22 % de los animales cazados presentan el compuesto químico, porcentaje que aumenta hasta el 45 % en los animales encontrados muertos; mientras que en animales provenientes de áreas libres del herbicida no se han detectado residuos, datos que indican que los animales salvajes que habitan agrosistemas intensivos pueden estar expuestos a niveles de herbicida que, sin ser letales, podrían tener efectos adversos crónicos (11).

A la luz de estos hallazgos ha crecido la preocupación por los posibles efectos del glifosato como disruptor de ciertas funciones metabólicas en animales y especialmente en humanos. Algunos los investigadores consideran que los GBH constituyen potenciales disruptores endocrinos que pueden alterar las funciones reproductivas (12). En concreto, un estudio realizado por Fuchs *et al.* en 2022 muestra como la presencia de los GBH en los suelos de cultivo afecta de manera diferencial la homeostasis hormonal y el rendimiento de plantas de cultivos que no son el objetivo del compuesto químico. Las consecuencias para las plantas no diana del herbicida pueden variar desde la estimulación del crecimiento hasta cambios en su entorno biótico. Se ha confirmado la presencia de residuos de glifosato y los productos de su degradación en diversos hábitats de todo el planeta, lo que ha llamado la atención sobre los efectos potenciales de estos residuos sobre la biología y ecología de los organismos. Si los residuos de estos herbicidas GBH tienen consecuencias sobre el equilibrio hormonal de las plantas, también podrían tener efectos en cascada sobre las interacciones tróficas del ecosistema más allá de su ámbito de aplicación y se hace necesario desentrañar sus consecuencias para las interacciones ecológicas (13).

Debido a la relativa alta movilidad de este compuesto químico, la probabilidad de con su uso se produzca un aumento de su contenido en aguas superficiales y subterráneas es alta. Existe una creciente preocupación por la existencia y concentración de residuos de glifosato en una variedad de cultivos producidos para el consumo humano y animal. La aparición de restos de glifosato en organismos animales es también una noticia preocupante. El uso de los GBH como los herbicidas más utilizados del mundo y sus posibles efectos acumulativos plantea interrogantes sobre sus efectos inesperados sobre la salud humana. Diversos autores consideran que es preciso profundizar en una evaluación avanzada del riesgo de exposición dietética que podría presentar el glifosato y explorar a fondo las posibles rutas de exposición al medio ambiente, para determinar las consiguientes implicaciones para los animales y los seres humanos (14).

3. La clasificación de la IARC

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) es una agencia especializada de la Organización Mundial de la Salud (OMS), un grupo interdisciplinar que aglutina conocimientos en epidemiología, ciencias de laboratorio clínico y bioestadística para identificar posibles causas del cáncer con el objeto de que se puedan adoptar medidas preventivas y reducir presencia de la enfermedad y el sufrimiento que conlleva, la mayor autoridad mundial en el tema. El trabajo de la IARC complementa el de la JMPR, un grupo científico internacional de expertos administrado conjuntamente por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la OMS, también conocido como la Reunión Conjunta FAO/OMS. La IARC identifica y clasifica el peligro que ofrecen distintas sustancias, mientras que la JMPR evalúa el riesgo asociado a los residuos de plaguicidas en los alimentos y en otros lugares.

En marzo de 2015, la IARC evaluó la carcinogenicidad de varios compuestos químicos de síntesis, incluido el glifosato, y los clasificó como "probablemente cancerígenos para los humanos" (Grupo 2A). Después de esta clasificación del glifosato, diversas jurisdicciones promulgaron regulaciones que a todos los efectos restringieron el uso de este potencial carcinógeno humano en numerosos ámbitos, mientras que los fabricantes originales del producto -Monsanto/Bayer- pasaron a enfrentarse a múltiples demandas legales sobre casos de cáncer relacionados con la exposición al glifosato (15).

La clasificación de la IARC resultó en una avalancha global de declaraciones provenientes de sector agroindustrial a favor del glifosato. En España, las principales organizaciones agrícolas reclamaron la renovación de la autorización del glifosato, llegando a constituir una alianza para manifestar su apoyo al modelo de agricultura productiva intensificada y a la renovación de la autorización del glifosato por el periodo máximo autorizado en la reglamentación comunitaria, justificado su apoyo en criterios científicos respecto a su seguridad y uso, medioambientales y criterios económicos y productivos. Los integrantes de la alianza afirmaron que “no disponer de glifosato crearía graves perturbaciones en varios sectores agrícolas de la UE”, lo que “pondría en peligro la competitividad de los agricultores españoles y europeos” (16).

En medio de un intenso debate, la Comisión Europea concedió una aprobación de cinco años para el glifosato (Reglamento de ejecución (UE) 2017/2324) en 2017, y su uso está actualmente autorizado en la UE hasta el 15 de diciembre de 2022, lo que significa que podrá utilizarse como sustancia activa en

productos fitosanitarios hasta esa fecha siempre y cuando las autoridades nacionales competentes de los Estados miembros de la UE autoricen el producto en cuestión tras evaluar su seguridad.

El proceso de recogida de información para la renovación del uso del glifosato en la UE, que se votará en 2022, comenzó prácticamente de inmediato después de esta decisión, ya que la última votación para la renovación del permiso fue muy ajustada. Solo tras varias repeticiones por no conseguir el número suficiente de votos, Alemania cambió su parecer apoyando la renovación. Aunque esto significó la extensión del permiso del glifosato en la UE cinco años, dos años después, el mismo país anunció la prohibición del glifosato en su territorio y un plan de salida para 2023 (17).

La noticia de que Bayer ha decidido eliminar también el glifosato como el ingrediente activo de "Roundup®" del mercado doméstico americano en 2023 ha supuesto el golpe de gracia a la credibilidad del producto y ha encendido el debate sobre los riesgos que conlleva su uso. La nueva versión del popular herbicida prevé la eliminación del compuesto en sus formulaciones y se basará en ingredientes activos alternativos que necesitarán la aprobación de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los EE. UU. Según la multinacional alemana, la medida se toma para "gestionar el riesgo de litigios" y no por preocupaciones sobre la seguridad del principio activo (18).

Las evaluaciones realizadas en la última década del potencial carcinogénico de los herbicidas a base de glifosato (GBH) por varias agencias regionales, nacionales e internacionales han generado controversia, ya que las investigaciones sugieren que el popular compuesto podría ser carcinogénico, bien por sí mismo o bien en combinación con otros ingredientes herbicidas. En las últimas dos décadas, más de una docena de estudios han relacionado la exposición al glifosato y a productos como "Roundup®" con mayores riesgos de linfoma en personas y animales (19). Otros estudios han encontrado vínculos con el riesgo de parto prematuro(20), la infertilidad masculina, el comportamiento errático de las abejas y la disminución de la biodiversidad en los hábitats marinos entre otros factores. También se sospecha que sus efectos nocivos se pueden ver ampliados por la combinación con otros compuestos químicos y que la acumulación de exposiciones puede tener un impacto superior al estimado por los fabricantes, ya que los estudios relacionan una asociación entre las altas exposiciones acumulativas a los GBH y un mayor riesgo de linfoma en humanos (21).

La probabilidad de desarrollar un cáncer depende de factores como el tipo y grado de exposición, y la fuerza del efecto del agente químico. Cuando la IARC publicó en su Monografía 112 que se clasificaba el glifosato y las sustancias basadas en este dentro del grupo 2A como "probable carcinógeno para humanos" (22), le asignó un nivel de riesgo similar al consumo excesivo de carne roja o el uso de productos químicos como los habituales en peluquería, por ejemplo. Esta evaluación del IARC constituye una clasificación de riesgo/ peligro, e indica la solidez de la evidencia de que el glifosato y sus derivados puedan causar cáncer y tumores poco usuales, como el linfoma.

Esta clasificación del glifosato por el mayor órgano científico mundial en el tema forzó a que la Comisión Europea solicitara a la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) que tuviera en cuenta las conclusiones de la IARC (23) en la revisión del compuesto que los expertos estaban llevando a cabo. El Instituto Federal Alemán para la Evaluación del Riesgo (BfR) también realizó un estudio evaluando la Monografía 112 de la IARC. A partir de todos los informes recibidos, la EFSA, remitió en noviembre del 2015 su informe a la Comisión y publicó la conclusión sobre la revisión de expertos en la evaluación del riesgo con consideraciones sobre la sustancia activa glifosato, indicando su opinión de no carcinogenicidad del compuesto. En la adopción de dichas conclusiones, uno de los 28 estados miembros, Suecia, no estuvo de acuerdo con la declaración de no carcinogenicidad del glifosato, actitud que motivó el inicio de un proceso de evaluación a fin de que la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA) reevaluara el glifosato a partir de lo que define el Reglamento 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas. La ECHA es responsable de la evaluación del peligro de una sustancia determinada, mientras que la EFSA evalúa los riesgos de su exposición. La evaluación de la ECHA, realizada el 2017, no justificó la clasificación por mutagenicidad en células germinales, carcinogenicidad o toxicidad para la reproducción del glifosato (24).

Además de estas agencias, otros organismos internacionales iniciaron sus propias revisiones sobre el herbicida. Por ejemplo, el Informe de la 49ª reunión del comité del Codex sobre residuos de plaguicidas del programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias y Comisión del *Codex Alimentarius*, en su punto sobre el glifosato (158) 41 y 42, pone de manifiesto que el Comité tomó nota de que la reunión extraordinaria de la "Joint Meeting on Pesticide Residues" (JMPR), celebrada en mayo de 2016, había

vuelto a evaluar todos los datos toxicológicos disponibles y llegó a la conclusión que no era probable que el glifosato plantee riesgo cancerígeno para los seres humanos "por la exposición alimentaria", que no existían preocupaciones por la exposición alimentaria ni repercusiones sobre los límites máximos de residuos del Codex (CXL) existentes. El Comité tomó nota de la observación del Observador de la NHF que expresó una "opinión contraria sobre la carcinogenia del glifosato y se opuso al uso de glifosato" (25).

Sobre la base de estos informes de evaluación, la Comisión Europea publicó, en junio de 2016, los reglamentos 2016/1056 y 2016/1313, en el que se establecía una prórroga nueva y se añadían nuevas disposiciones específicas para tener en cuenta en las autorizaciones por parte de los estados miembros de productos fitosanitarios que contengan glifosato en cualquier formulación. Se decidió que, en las autorizaciones de uso, se evaluarán especialmente los riesgos derivados del uso no agrícola, reduciendo al máximo las aplicaciones en parques y jardines públicos, campos de deporte y áreas de recreo, centros educativos y espacios de juego infantil y alrededores de centros de asistencia sanitaria, visto que los usos no agrícolas en zonas urbanas, vía pública, infraestructuras ferroviarias, cauces, etc pueden provocar una contaminación de las aguas subterráneas de una manera más intensa y directa que los usos agrícolas correctamente aplicados. Además, se constató el riesgo de que determinados usos no agrícolas en zonas urbanas podrían conllevar una exposición de las personas de manera directa y continuada a concentraciones elevadas, que podría conllevar cierto riesgo para la población expuesta, sobre todo en niños y mujeres gestantes. El mismo dictamen indicó que los productos fitosanitarios a base de glifosato no deberían contener el coformulante tallowamina polietoxilada (CAS 61791-26-2), dado que el informe definitivo del BfR indica que estos coformulantes podrían ser la causa de que algunos productos comerciales con glifosato fueran cancerígenos. Una vez dispuesto el dictamen, la Comisión publicó, en diciembre de 2017, el Reglamento de ejecución 2017/2324 que renueva la aprobación del glifosato hasta el 15 de diciembre de 2022. La Comisión Europea, junto con los gestores de riesgos de los Estados miembros de la UE, decidirá entonces si renueva la aprobación del glifosato para su uso en la unión europea (26).

Esta renovación amplió las disposiciones específicas que los estados miembros deben tener en cuenta en las autorizaciones de productos a base de glifosato, en concreto añade que las autorizaciones deberán atender especialmente a: la protección de operarios y usuarios no profesionales; el riesgo para vertebrados terrestres y plantas terrestres no diana; el riesgo para la diversidad y abundancia de artrópodos y vertebrados terrestres no diana a través de interacciones tróficas; incluir medidas de reducción del riesgo, y garantizar la equivalencia entre las especificaciones del material técnico comercializado y del material de ensayo empleado en estudios toxicológicos.

4. El debate sobre la seguridad del glifosato

Las posturas divergentes entre organismos internacionales y el debate motivado posteriormente entre instituciones científicas y políticas sobre la clasificación como carcinógeno o no del glifosato ha generado una amplia literatura y un debate sobre los riesgos del glifosato que no se ha acallado hasta la fecha.

Aunque las restricciones para el uso del glifosato se han impuesto en diversos países, incluidos algunos de la Unión Europea, el mercado mundial de glifosato está aumentando a una tasa de crecimiento anual del 6,3% entre 2016 y 2022, estimando que alcance los 9.910 millones de dólares en 2022. Una gran parte de su uso está dedicado a cultivos resistentes a herbicidas genéticamente modificados que ahora representan alrededor del 56% del uso mundial de glifosato. En principio, la promesa de era que estos cultivos reducirían el uso de pesticidas y herbicidas, pero el efecto ha sido el contrario. Según el Instituto de Salud Global (27), el uso extensivo de herbicidas en todo el mundo constituye un problema para el planeta, por la contaminación química y la degradación de los ecosistemas que provocan. En el caso del glifosato, su uso generalizado parece haber resultado en la presencia de residuos en el polvo doméstico, el suelo, el agua y los alimentos, según los estudios de la Agencia de Protección Ambiental de los EE. UU.

Desde el dictamen de la IARC, y siguiendo este criterio el principio de precaución y protección de salud pública y del medio ambiente, numerosas autoridades locales y entes públicos han considerado que el riesgo potencial para la salud de las personas y el ecosistema urbano no justifica la aplicación general de productos y formulados basados en glifosato -u otros principios activos de síntesis- para la gestión de plantas no deseadas, plagas y enfermedades en espacios verdes públicos. Siguiendo este

criterio, y las recomendaciones de la Comisión, diferentes ciudades han decidido prohibir el uso del glifosato y otros productos químicos de síntesis en el espacio público, excepto en situaciones excepcionales, cuando los beneficios pueden justificar los riesgos. La tendencia desde entonces ha sido orientar los métodos de Gestión Integral de Plagas (GIP) hacia la mejora del manejo y el uso de técnicas de control biológico, limitando las aplicaciones de fitosanitarios a casos excepcionales, generalmente motivados por razones de protección de la salud de las personas.

El proceso de renovación del glifosato, autorizado en la Unión Europea hasta diciembre de 2022, entró en su fase decisiva en el año 2021. El Grupo para la Evaluación del Glifosato (AGG), integrado por Francia, Hungría, los Países Bajos y Suecia, presentó un "Informe de Evaluación de la Renovación del Glifosato" a los demás Estados miembros, para ser revisado por la EFSA (28). En el segundo trimestre de 2022, esta autoridad enviará a la Dirección General de Salud y Seguridad Alimentaria (SANTE) sus conclusiones y la Comisión Europea redactará una propuesta legislativa para la renovación o no de la aprobación del glifosato, que se debatirá en un Comité en el que participan expertos de todos los países de la UE. Esos expertos finalmente votarán si el glifosato se puede seguir utilizando o su uso queda definitivamente prohibido. La propuesta actual de los cuatro estados miembros no prevé un cambio en la clasificación actual, por lo que se prevé que la aprobación se realice de forma prácticamente automática.

Para elaborar su informe, el AGG ha utilizado un extenso dosier de miles de páginas formado por numerosos estudios y artículos científicos sobre el glifosato, recopilado por un grupo de empresas interesadas en su renovación, entre las que se encuentran Bayer, Syngenta, Industrias Afrasa o Nufarm, denominados "Grupo de Renovación del Glifosato" (GRG). Las empresas impulsoras de la renovación de la aprobación del glifosato confían en el peso de su dosier que -en palabras de los representantes de la industria- va mucho más allá de lo exigido en un proceso reglamentario, al incluir, informes exhaustivos sobre el control del agua y el medio ambiente en los Estados miembros de la UE, y medidas de mitigación para preservar la biodiversidad. A tal efecto están desarrollando una intensa campaña mediática con el apoyo de la industria agroalimentaria, que considera este producto químico insustituible (29).

No obstante, mientras la EFSA realiza su reevaluación del glifosato, estudios independientes cuestionan los informes de la industria proporcionados a las autoridades de la UE sobre el glifosato (30), ya que estos no cumplirían con los estándares científicos internacionales básicos establecidos por la OCDE, y porque existe un evidente conflicto de interés. Según estos estudios, el dictamen (2015ª) de la EFSA no cita estudios revisados de forma independiente, y el BfR, la EFSA y la ECHA no siguen las pautas actuales de evaluación de riesgos, al descartar al menos once casos estadísticamente significativos de aumento de la incidencia de tumores en dos estudios sobre ratas y cinco sobre ratones, llegando a afirmar que el glifosato debería haberse clasificado en la categoría 1B de la UE, como "presunto carcinógeno humano". Un análisis halló que en efecto los estudios revisados por especialistas independientes fueron descartados por BfR (31)y, por lo tanto, no se incluyeron en la evaluación de la EFSA.

El BfR, la EFSA y la ECHA han rechazado las críticas apelando también a criterios científicos en sus métodos de avaluación que explicarían estas omisiones. De hecho, existe todo un *corpus* de literatura crítica con los estudios científicos sobre los posibles riesgos de la exposición al glifosato. Aunque el consenso científico considera que este puede ser un desencadenante ambiental crítico en la etiología de varios estados patológicos asociados con la disbiosis, indica que la investigación que rodea los efectos del glifosato también adolece de numerosas debilidades metodológicas, incluidas dosis artificialmente altas, duración insuficiente, ingredientes patentados y una dependencia excesiva de modelos animales. La incertidumbre es tal que se justifican los estudios futuros a largo plazo que examinen las dosis fisiológicamente relevantes en poblaciones sanas y genéticamente susceptibles para determinar el riesgo real que supone para la salud humana el famoso compuesto (32).

Otros estudios concluyen que el debate sobre los riesgos carcinogénicos del glifosafo y sus derivados oculta otros riesgos que no se están estudiando (33), en la medida que el "debate sobre el glifosato" se limita principalmente a la carcinogenicidad, mientras que también se han encontrado otros posibles efectos sobre la salud humana y el medio ambiente, especialmente su efecto sobre los polinizadores (34). Según estas informaciones, no puede descartarse tajantemente que en dosis altas el glifosato pueda ser carcinógeno para ratones, ni que no haya alguna evidencia de relación causal entre exposición profesional continua y linfoma poco frecuente.

A la luz de estos datos, parece que este último factor ha pesado en la decisión de la multinacional alemana de sustituir el conocido producto químico por otro menos controvertido, amparada por el posible periodo de latencia que podrían tener los linfomas provocados por la exposición al glifosato (35) y su exposición a litigios en el futuro, razón por la que algunas fuentes consideran que la estrategia legal de Bayer pasa ahora por diferir el resultado de los litigios en marcha todo lo posible para mantener la rentabilidad del producto (36).

Una parte considerable del debate sobre los posibles riesgos del glifosato gira alrededor de la calidad de los datos disponibles y la integridad de los estudios realizados, con acusaciones cruzadas de falta de rigor científico que evidencian marcadas divergencias de criterio al evaluar el compuesto químico. Existe toda una serie de documentos que explican los motivos técnico-científicos de estas divergencias, que incluyen la ausencia de datos de información ecotoxicológica de residuos, impurezas y otros componentes frecuentes en las formulaciones comerciales del glifosato, que son secretas y que podrían requerir nuevas evaluaciones. Un defecto importante en los datos sobre el glifosato parece ser la evaluación exclusiva del principio activo, en lugar de estudiar los efectos de las formulaciones comerciales, que son las que se distribuyen y afectan a las personas, entre otros. La ausencia de datos toxicológicos independientes que informen sobre un amplio espectro de situaciones son la verdadera fuente de desconfianza sobre el producto químico.

5. La seguridad de coformulantes y derivados

Los estudios indican que no resulta posible descartar efectos sinérgicos entre el glifosato y sus coformulantes. Los ensayos de sensibilidad in vitro en una variedad de líneas celulares indican que el glifosato es menos tóxico que sus coformulantes comunes, por ejemplo, la polioxietileno-amina (POEA), por lo que ha sido prohibida en preparaciones a base de glifosato en varios países. De hecho, el grupo de expertos de la EFSA sobre plaguicidas considera que en general no pueden extraerse conclusiones sobre la seguridad de los residuos procedentes de la pulverización de cultivos con preparados de glifosato; y que los aditivos y sus mezclas utilizados en preparados comerciales para la pulverización con glifosato muestran una toxicidad mayor que la del principio activo por sí solo [37].

No obstante, los GBH se manifiestan por la activación de los receptores de estrógenos, y se ha demostrado que el glifosato contribuye a la inhibición de las aromatasas en concentraciones muy bajas, lo que implica efectos de alteración hormonal y el potencial estrogénico. Por tanto, la ausencia de datos sobre los efectos de las formulaciones habituales y sus derivados, plantean un problema porque, incluso si finalmente se lanzaran iniciativas de investigación importantes, solo cubrirían una parte del problema relacionado con los efectos de los herbicidas basados en glifosato tal y como se distribuyen en sus aplicaciones reales.

6. Diferencias en los criterios de evaluación

Pero ¿Por qué existe una diferencia tan notable entre las declaraciones de los diversos organismos internacionales?, ¿Por qué el debate entre la EPA, la EFSA, ECHA y JMPR por un lado, y la IARC, por otro? Las posiciones de los primeros estaban generalmente de acuerdo, pero la evaluación de la IARC -que siguió a la declaración del BfR, pero precedió a las declaraciones de la Agencia de la UE y la Agencia de la FAO/OMS, en cronología- fue diametralmente opuesta.

¿Por qué, si bien unos concluyeron que es poco probable que el glifosato cause cáncer, hasta el punto de que sugirieron aumentar su valor de IDA de 0,3 a 0,5 mg/kg pc/día dentro de la UE, la IARC lo ha clasificado como probablemente cancerígeno para los seres humanos sobre la base de pruebas limitadas en seres humanos y pruebas suficientes en animales? (38).

Vale la pena señalar que no es la primera que esto sucede, ni es la única vez que existe una diferencia dramática entre las clasificaciones de la IARC y las organizaciones dependientes de estados soberanos, como por ejemplo sucedió en su momento con la clasificación en el grupo 1 del lindano (39), producto que se fabricó y aplicó de forma entusiasta en la UE hasta el año 2008 (40), es decir, hasta que se demostró de forma inequívoca de que se trata de un letal carcinogénico. Esto se debe a que la legislación de la Unión Europea sobre productos químicos y plaguicidas está orientada a proteger la salud humana y el medio ambiente, pero también a evitar las barreras al comercio (41). Este juego de equilibrios que afecta a distintos sectores e intereses matiza considerablemente las decisiones de la Unión al respecto.

Según un estudio científico titulado "Retos de renovación del glifosato en la Unión Europea" (42) de 2018, los factores que han dado lugar a estas diferencias sustanciales entre las opiniones expresadas por la EFSA y la IARC incluyen:

a) La evaluación de la IARC se basa en los posibles peligros (*hazards*), mientras que la EFSA está comprometida, por mandato legal (Consejo del Parlamento Europeo, 2002) con la evaluación basada en el riesgo. La evaluación basada en riesgos no descarta los posibles peligros, pero evalúa la probabilidad de que sucedan en escenarios reales.
b) La declaración de la EFSA se limita a la evaluación del ingrediente activo glifosato, mientras que la IARC también considera de importancia práctica los efectos notificados de las preparaciones herbicidas formuladas. Siguiendo este último enfoque, considera que la toxicidad de las sustancias aminas grasas (p. Ej., POEA) utilizadas como formulantes en productos fitosanitarios ha sido bien demostrada y no puede descartarse en la evaluación toxicológica.
c) La IARC basa su evaluación en publicaciones revisadas por especialistas en la literatura científica, mientras que la EFSA basa su evaluación también en los intereses comerciales de los fabricantes de glifosato y utiliza datos no disponibles al público por considerarse secreto comercial, entregados por la industria química para obtener la aprobación del producto en consideración. Esta información refleja los sesgos y los intereses comerciales de parte y no considera ciertos peligros acumulativos posibles a largo plazo, por ejemplo.

La cuestión de la renovación del glifosato en la UE y los informes de evaluación correspondientes muestran claramente una diferencia fundamental entre los métodos de evaluación de peligros y riesgos potenciales de los productos regulados.

Mientras el método científico de la IARC se centra netamente en los posibles peligros para la salud humana y animal derivados del producto y la exposición al mismo, la regulación de pesticidas de la UE se basa en el análisis de riesgos y sopesa estos en función de la probabilidad de que ocurran mediante una exposición real.

El principal problema es que las autoridades, en el procedimiento de renovación de herbicidas y siguiendo su mandato legal, se centran en los ingredientes activos, mientras que en situaciones de la vida real los ciudadanos son expuestos a productos comerciales complejos formulados (43). Es decir, la UE no evalúa los efectos reales de los productos comerciales, tan solo los efectos de un compuesto químico que no se distribuye puro.

Además, los gobiernos -o las agencias relacionadas con los gobiernos- deben considerar a todas las partes interesadas en su evaluación, incluidos los titulares de patentes y las industrias interesadas, algo que no sucede en la ciencia. Es decir, se trata de decisiones técnicas que toman en consideración la información científica disponible, pero que también sopesan otros factores más amplios de tipo comercial.

Un problema particular en la UE es que los ingredientes activos utilizados en los productos fitosanitarios están regulados a nivel de la Unión, mientras que los productos plaguicidas formulados se rigen a nivel de los Estados Miembros. En otras palabras, la responsabilidad de una evaluación toxicológica sólida de los productos formulados recae en la UE a nivel de los Estados. Por lo tanto, la reevaluación del glifosato puede centrarse en el compuesto original en sí, ya que los posibles efectos biológicos y para la salud de otros formulantes y aditivos se consideran durante el registro de los productos formulados a nivel de estado.

Estos productos y sus efectos, que la Unión Europea no considera, si están reflejados en la evaluación de la IARC, ya que esa agencia no está legalmente vinculada a las políticas de autorización de la UE. Evidentemente, una agencia internacional de expertos en salud pública puede enfocarse en el peligro que suponen los productos en su método de evaluación, especialmente si se detectan nuevos datos en relación con la sustancia objetivo, y también si la concentración o dependencia de la dosis demuestra tener efectos apreciables, como se está observado en los efectos de disrupción endocrina (44).

La amplia presencia de glifosato y sus residuos como contaminantes omnipresentes en matrices ambientales, en piensos y alimentos, e incluso en muestras de ganado y humanos, indica que nuestra exposición a esta sustancia, aumentada por la ampliación de los límites tolerables, el uso por la expansión de cultivos transgénicos en todo el mundo y el uso de procedimientos de desecación química antes o después de la cosecha en la agricultura, puede ser sustancialmente más alta que la predicha por los modelos considerados hasta la fecha, lo que puede hacer que se reevalúe la posición actual en la

evaluación de riesgos del glifosato y sus derivados, y que se consoliden medidas como la prohibición del uso de glifosato como desecante químico pos-cosecha, cuestión que corresponde al ámbito de la industria agrícola y la seguridad alimentaria.

7. Las limitaciones del glifosato

Actualmente, la EFSA ha concluido que todos los usos representativos del glifosato en los cultivos convencionales (es decir, los cultivos no modificados genéticamente) en general entrañan riesgos para los vertebrados terrestres silvestres no diana, y ha identificado asimismo riesgos elevados a largo plazo para los mamíferos en algunos de los principales usos en los cultivos convencionales; y la ECHA ha clasificado el glifosato como tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos. Por tanto, los efectos negativos de la utilización del glifosato en la biodiversidad y el medio ambiente están ampliamente documentados por las agencias relevantes europeas.

Aun así, es importante recordar que la clasificación de la IARC atribuye a la exposición al glifosato un riesgo de contraer un linfoma similar al de consumir carne en exceso, o a los riesgos ocupacionales de otras profesiones que manipulan asiduamente productos químicos. Se trata por lo tanto de un riesgo reducido, que probablemente afecta a los aplicadores profesionales antes que al público en general. No obstante, el debate sobre los peligros del uso de este compuesto para salud humana y los ecosistemas no se ciñe estrictamente al ámbito científico y técnico, y está dominado por un fuerte componente propio del relativismo economicista, que contrapone los beneficios económicos del glifosato al impacto que las limitaciones a su uso pueden tener sobre la agricultura y la cadena alimentaria actual. Algunos autores proponen que cualquier limitación en el uso del glifosato disminuirá el bienestar social general, y sitúan en la misma balanza la salud de millones de personas y las pérdidas económicas resultantes de la aplicación de restricciones en el uso del herbicida (45).

Por esta razón, el debate sobre el uso de productos químicos de síntesis no se sitúa estrictamente en el terreno de la ciencia, la técnica y los procedimientos de aprobación de productos químicos, sino que se centra también en el campo de los derechos de las personas a la salud y a la información, y a que no se tomen decisiones que les pueden afectar sin su consentimiento. Algunos autores afirman que en este caso rige el principio de precaución derivado de los derechos humanos, según el cual, cuando existe un riesgo de daño irreversible para las personas o el medio ambiente, la falta de certeza científica sobre los efectos inesperados de un producto químico no se puede utilizar para excusar la falta de adopción de medidas cautelares (46).

El carácter ético del debate sobre el uso de este compuesto químico constituye también un importante argumento en el seno de la UE contra la renovación aprobación del uso de este compuesto. Diversos argumentos consideran que la Unión es parte en el Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica, lo que impone a las partes la responsabilidad de asegurar que las actividades que se lleven a cabo dentro de su jurisdicción no perjudiquen al medio ambiente de otros Estados. En este marco, una nueva autorización el uso de glifosato en la UE ayudaría a seguir creando demanda en terceros países para el cultivo de productos transgénicos que dependen del herbicida. El desarrollo de cultivos modificados genéticamente tolerantes a varios herbicidas selectivos se debe principalmente a la resistencia al glifosato desarrollada rápidamente por las plantas adventicias en los países que han adoptado a gran escala los cultivos modificados genéticamente. Las plantas modificadas genéticamente tolerantes a los herbicidas precisan unas dosis más elevadas y reiteradas de estos, en comparación con las plantas no modificadas genéticamente, puesto que fueron diseñadas intencionadamente para tal fin. Por tanto, existe un riesgo ético en la renovación del glifosato, en la medida que impulsará el uso de un producto que se utiliza para combatir un problema generado por su utilización en países con menor protección ambiental y de derechos humanos que la UE (47).

Estas consideraciones de carácter ético junto con la evidencia de que los agentes formulantes utilizados en el producto final presentan importantes peligros para la salud humana han resultado en medidas como las recomendaciones de la UE para la retirada preventiva de herbicidas a base de glifosato que contienen coformulantes como la POEA y la recomendación de no usar productos derivados del glifosato en parques y jardines y zonas urbanas en general. Del mismo modo, la polioxietileno-amina (POEA), ha sido prohibida en preparaciones a base de glifosato en varios países, precisamente con la esperanza de ayudar a resolver el "caso del glifosato".

Por lo que respecta a la gestión de la infraestructura verde, especialmente los espacios verdes urbanos y periurbanos, estas recomendaciones han resultado *a priori* efectivas a la hora de reducir el riesgo de contaminación ambiental y mitigar las posibles consecuencias para la salud humana, por pequeñas que puedan ser.

Una consecuencia directa de estas recomendaciones es que los gestores del verde han decidido adoptar entre sus objetivos el fomento de la biodiversidad y el equilibrio de los procesos naturales en los parques y jardines, al tiempo que se plantea embeber estos procesos en el modelo de conservación de espacios verdes, utilizando el conocimiento sobre la ecología y la biología de insectos y plantas para hacerlos más sostenibles, resilientes y saludables, normalizando modelos de gestión integrada de plagas (GIP) que pivotan alrededor del conocimiento y los seguimientos de la evolución del hábitat urbano, como es el caso del control biológico conservativo (48).

Un ejemplo avanzado de estos nuevos modelos de gestión de plagas y de biodiversidad es el "Proyecto piloto del control biológico por conservación en alcorques de la ciudad de Barcelona" de Escuer et al. (2019) que supone un cambio de paradigma en la gestión alternativa basada en métodos no químicos. El proyecto es un caso práctico donde se estudia y constata que mediante la aplicación de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) se pueden explorar vías para la solución control de plagas mediante la creación de microhábitats generados mediante la siembra de herbáceas de flor en alcorques de la ciudad de Barcelona para el Control Biológico de plagas por conservación del arbolado viario.49

Esta prueba piloto ha derivado en la metodología conocida como "Alcorques Vivos", desarrollada por la propia Lorena Escuer, y fundamentada en la creación, seguimiento y gestión de micro hábitats o microecosistemas alrededor del árbol urbano, formando zonas refugio y pequeñas islas de biodiversidad que a su vez actúen como espacios de conexión entre sí y con otros espacios naturales, para crear comunidades de plantas destinadas a fomentar comunidades de insectos beneficiosos, con todo ello sometido a un modelo de gestión orientado a fomentar la biodiversidad que descansa en un seguimiento perceptivo-técnico de las actuaciones, ya que sin este seguimiento no hay datos sobre bioindicadores ni resultados, aproximando así la ciencia, la técnica y la divulgación.50

Este tipo de avances en control biológico y manejo de espacios verdes de la última década muestran que la lucha química contra las plagas y plantas adventicias no deseadas ya no son las únicas alternativas disponibles en la gestión de la IV, y que tanto el avance del conocimiento técnico como la consciencia social y política han creado las condiciones para que germine un nuevo paradigma que no acepta fácilmente el uso de productos químicos de forma general (51).

8. La renovación del glifosato

La autorización actual del glifosato expira el 15 de diciembre de 2022. El informe final al respecto se espera para finales de 2022, pero hasta la fecha, el proceso de evaluación del glifosato no cuestiona la seguridad del herbicida. Las autoridades nacionales de Francia, Hungría, los Países Bajos y Suecia —que conforman el Grupo de evaluación del glifosato (AGG) (52)— han examinado la evidencia presentada por las empresas que solicitan una nueva autorización para comercializar la sustancia en la UE. El proyecto de informe del AGG tiene unas 11.000 páginas, y los cuatro Estados miembros encargados de realizar este trabajo se inclinan por la conclusión de que no está justificada ninguna clasificación suplementaria respecto al carácter mutágeno o cancerígeno de la sustancia.

Por lo que respecta a su posible ecotoxicidad y efectos sobre el medio ambiente, el glifosato mantiene un perfil relativamente favorable en cuanto a su impacto para la mayoría de los grupos de organismos no diana, y la EFSA ha establecido que el riesgo es bajo. Esto se aplica a los organismos acuáticos, las abejas, los artrópodos no objetivo, las lombrices de tierra, los macroorganismos y los microorganismos del suelo. Para las aves y los mamíferos, la imagen es un poco más matizada: para algunos escenarios, no existen suficientes datos disponibles para hacer una evaluación de riesgo refinada, mientras que la evaluación de "primer nivel" (es decir, la menos refinada) no permite la conclusión de una evaluación de riesgo baja. No obstante, la perspectiva general sobre el tema es bastante favorable con respecto a estos grupos y, por lo tanto, la EFSA identifica "áreas críticas de preocupación" con respecto al medio ambiente, lo que apunta a una mayor necesidad de investigación, como es el caso de la mayoría de las sustancias aprobadas (53).

La EFSA y la ECHA han organizado consultas paralelas sobre el proyecto de informe, que estuvieron abiertas al público desde de septiembre de este 2021. Las consultas constituyen el primer paso del

proceso de evaluación. El Comité de Evaluación de Riesgos de la ECHA revisará la clasificación del glifosato en el marco del Reglamento de la UE sobre clasificación, etiquetado y envasado (CLP) de productos químicos, que se basa únicamente en las propiedades peligrosas de una sustancia sin tener en cuenta los riesgos y la probabilidad de exposición a esta.

No obstante, la ECHA llevará a cabo su clasificación del peligro según varios parámetros, como la carcinogenicidad, la genotoxicidad y la toxicidad para la reproducción y el desarrollo. Esta clasificación será utilizada por la EFSA en su revisión y publicará sus conclusiones, previstas para finales de 2022, y los representantes de los 27 Estados miembros para finalizar la revisión *inter pares*, prevista para el segundo semestre de este año. Sobre la base de esta evaluación del riesgo, la Comisión Europea tomará una decisión sobre la renovación de la autorización del glifosato (54).

9. Conclusiones

Parece evidente que el glifosato y sus derivados presentan más riesgos de lo que en un principio se le atribuyen. Su supuesta inocuidad se fundamenta en su dificultad para detectar su presencia y en la realización de estudios sesgados, que se centran en el compuesto químico en estado puro, obviando los efectos de los productos derivados de su formulación.

La EFSA ha concluido que el uso del glifosato entraña riesgos y la ECHA ha clasificado el glifosato como tóxico con efectos nocivos duraderos. La IARC atribuye a la exposición al glifosato efectos carcinogénicos significativos. Los argumentos sobre los beneficios derivados de su uso se centran en el supuesto beneficio económico global que genera en la cadena alimentaria, que se contraponen a los derechos de las personas a la salud.

La decisión de Bayer de retirar el glifosato de productos de consumo doméstico en los EE.UU es significativa, independientemente de las razones que aporte la empresa productora, e incluso de las medidas que se tomen en la UE en el futuro sobre la renovación del glifosato, ya que es del todo deseable no encontrar en el futuro casos como los del Lindano y el DDT.

A la espera de la aparición de alternativas más respetuosas con el medio ambiente y la salud humana, la aplicación masiva de herbicidas y pesticidas en la producción de alimentos presenta riesgos éticos, ambientales y síntomas de obsolescencia, y parece cuestión de tiempo hasta que la agricultura industrial opte por abandonar, o minimizar, estos métodos en favor de otros más respetuosos con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

El uso extensivo de glifosato y los riesgos ambientales asociados con este químico justifican que sus usuarios profesionales sean particularmente cuidadosos, y requieren más investigaciones para mitigar, evitar o eliminar los problemas resultantes de su utilización, especialmente donde no sea estrictamente necesario o supongan un riesgo para la salud de las personas.

El uso sistemático de estos productos también afecta a la percepción pública de la gestión de los espacios verdes, y el sector de la gestión urbana no debe verse arrastrado a polemizar sobre cuestiones que corresponde dirimir en el ámbito estricto de la producción agroalimentaria.

No obstante, el debate sobre el uso de este compuesto químico también ha servido para reconsiderar de forma pausada y meditada la posición técnica y profesional respecto al manejo y aplicación general de productos químicos de síntesis en la gestión del verde urbano. La conclusión prevalente ha sido que los riesgos asociados con estos productos no justifican su uso de forma generalizada, por muy efectivos que sean y por mucho que simplifiquen la gestión de la infraestructura verde. Parece evidente que la UE, si decide renovar la autorización de renovación del glifosato, evaluará especialmente los riesgos derivados de su uso en las autorizaciones de uso no agrícola, reduciendo al máximo las aplicaciones en infraestructura verde, especialmente en entornos urbanos.

En este nuevo marco conceptual, es esencial que los gestores de la infraestructura verde y los técnicos responsables de la GIP ejerzan sus atribuciones en las decisiones de manejo actual con responsabilidad y apego a la veracidad y a la responsabilidad ética, necesaria en la toma de decisiones que pueden comprometer los derechos de la ciudadanía, obviando relatos basados en la supuesta eficacia del cientifismo comercial y el supremacismo tecnocrático (55).

El hecho es que no existe obligación alguna de utilizar glifosato -ni ningún otro producto comercial- en el manejo de los espacios verdes. Simplemente, se trata de una opción que en su día pareció ofrecer ciertas ventajas, que han palidecido a medida que se ha comprendido mejor todo lo que implica el uso de estos productos para trabajadores, ciudadanos y la biodiversidad.

Los riesgos latentes para la salud humana y el medio ambiente en el uso generalizado de productos químicos de síntesis en espacios verdes urbanos y periurbanos excede con mucho sus beneficios, y este tipo de aplicación extensiva pertenece ya al pasado de la gestión del espacio público. La aplicación de metodologías como "Alcorques Vivos", desarrollada por la bióloga Lorena Escuer, que combina creación, seguimiento y gestión de microhábitats, indica la tendencia que debe seguir la gestión de la IV urbana.

Como muchas otras soluciones técnicas ya abandonadas, el glifosato pertenece ya a una tradición de ideas bienintencionadas pero fallidas. Afortunadamente, existen otras formas de manejo y hace ya tiempo que el sector de la gestión de la IV avanza hacia una Gestión Integrada de Plagas fundamentada en el control biológico conservativo y la excelencia en el modelo de gestión, que empujan los métodos de manejo por la senda la gestión ecológica y hacía unos espacios verdes más ricos, complejos y plenamente saludables.

Referencias

[1] Martín Gordo, D. A. (2018). Los Compuestos Fenólicos, Un Acercamiento A Su Biosíntesis, Síntesis Y Actividad Biológica. *Revista De Investigación Agraria Y Ambiental*, *9*(1), 81–104. https://doi.org/10.22490/21456453.1968.

[2] Hans-Walter Heldt, Birgit Piechulla, 10 - Nitrate assimilation is essential for the synthesis of organic matter, Editor(s): Hans-Walter Heldt, Birgit Piechulla, *Plant Biochemistry (Fourth Edition)*, Academic Press, 2011, Pages 273-305, ISBN 9780123849861, https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384986-1.00010-7.

[3] Research Report on China's Glyphosate Industry (2018-2022). News provided by Research and Markets. Jul 31, 2018, 08:15 ET. Disponible en línea: URL (a la que se accede el 27/02/2022) - https://www.prnewswire.com/news-releases/research-report-on-chinas-glyphosate-industry-2018-2022-300689149.html

[4] Tarazona, J.V., Court-Marques, D., Tiramani, M. et al. Glyphosate toxicity and carcinogenicity: a review of the scientific basis of the European Union assessment and its differences with IARC. *Arch Toxicol* 91, 2723–2743 (2017). https://doi.org/10.1007/s00204-017-1962-5.

[5] Kanissery, R., Gairhe, B., Kadyampakeni, D., Batuman, O., & Alferez, F. (2019). Glyphosate: Its Environmental Persistence and Impact on Crop Health and Nutrition. *Plants* (Basel, Switzerland), 8(11), 499. https://doi.org/10.3390/plants8110499.

[6] Substance Infocard. Glyphosate. Disponible en línea: URL (a la que se accede el 27/02/2022).- https://echa.europa.eu/es/substance-information/-/substanceinfo/100.012.726

[7] Valle, Anderson & Mello, F. & Balvedi, Renata & Rodrigues, L. & Goulart, Luiz. (2018). Glyphosate detection: methods, needs and challenges. *Environmental Chemistry Letters*. 17. 10.1007/s10311-018-0789-5.

[8] Saunders, S.P., Ries, L., Oberhauser, K.S., Thogmartin, W.E. and Zipkin, E.F. (2018), Local and cross-seasonal associations of climate and land use with abundance of monarch butterflies Danaus plexippus. *Ecography*, 41: 278-290. https://doi.org/10.1111/ecog.02719

[9] Real, Raimundo y Báez, José Carlos (2017) Biodiversidad oscura y conservación de la naturaleza. *Revista Querqus* Nº 379, septiembre 2017, p. 24 a 28

[10] Escuer, Lorena y Carballo Pérez, Gabino ¿Dónde reside la naturaleza? Biodiversidad funcional en los espacios verdes urbanos. *PARJAP: Boletín de la Asociación Española de Parques y Jardines*, ISSN 1699-3349, Nº. 91, 2018, págs. 6-16

[11] Monica Martinez-Haro, José Manuel Chinchilla, Pablo R. Camarero, Jose Alberto Viñuelas, María Jesús Crespo, Rafael Mateo. Determination of glyphosate exposure in the Iberian hare: A potential focal species associated to agrosystems. *Science of The Total Environment*, Volume 823, 2022, 153677, ISSN 0048-9697, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153677.

[12] Serra L, Estienne A, Vasseur C, Froment P, Dupont J. Review: Mechanisms of Glyphosate and Glyphosate-Based Herbicides Action in Female and Male Fertility in Humans and Animal Models. *Cells*. 2021; 10(11):3079. https://doi.org/10.3390/cells10113079

[13] Fuchs Benjamin, Laihonen Miika, Muola Anne, Saikkonen Kari, Dobrev Petre I., Vankova Radomira, Helander Marjo. A Glyphosate-Based Herbicide in Soil Differentially Affects Hormonal Homeostasis and Performance of Non-target Crop Plants. *Frontiers in Plant Science*. VOLUME 12. 2022. ISSN=1664-462X. DOI=10.3389/fpls.2021.787958.

[14] Kanissery, R., Gairhe, B., Kadyampakeni, D., Batuman, O., & Alferez, F. (2019). Glyphosate: Its Environmental Persistence and Impact on Crop Health and Nutrition. *Plants* (Basel, Switzerland), 8(11), 499. https://doi.org/10.3390/plants8110499.

[15] Ziwei Ye, Felicia Wu, David A. Hennessy. Environmental and economic concerns surrounding restrictions on glyphosate use in corn. *Proceedings of the National Academy of Sciences* May 2021, 118 (18) e2017470118; DOI: 10.1073/pnas.2017470118. https://doi.org/10.1073/pnas.2017470118

[16] Las principales organizaciones agrícolas españolas reclaman la renovación de la autorización del glifosato. Disponible en línea: URL (a la que se accede el 27/02/2022).- https://www.upa.es/upa-uceextremadura/noticias-upa/2020/1849/

[17] ¿Se acerca el fin del glifosato en Europa? Publicado: 23 julio 2020 21:38 CEST. Disponible en línea: URL (a la que se accede el 27/02/2022). - https://theconversation.com/se-acerca-el-fin-del-glifosato-en-europa-141751

[18] Bayer's Roundup Costs Could Top $16 Billion as Provisions Mount. By Tim Loh and Jef Feeley. 29 de julio de 2021. Disponible en línea: URL (a la que se accede el 27/02/2022) - https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-07-29/bayer-to-set-aside-4-5-billion-for-potential-roundup-claims

[19] Dennis D. Weisenburger, A Review and Update with Perspective of Evidence that the Herbicide Glyphosate (Roundup) is a Cause of Non-Hodgkin Lymphoma, *Clinical Lymphoma Myeloma and Leukemia*, Volume 21, Issue 9, 2021, Pages 621-630, ISSN 2152-2650, https://doi.org/10.1016/j.clml.2021.04.009. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2152265021001518#!

[20] La exposición durante el embarazo al glifosato, el herbicida más utilizado a nivel mundial, y el riesgo de parto prematuro. Manolis Kogevinas, Director científico de la distinción Severo Ochoa. 19.5.2021. Disponible en línea: URL (a la que se accede el 27/02/2022) https://www.isglobal.org/healthisglobal/-/custom-blog-portlet/la-exposicion-durante-el-embarazo-al-glifosato-el-herbicida-mas-utilizado-a-nivel-mundial-y-el-riesgo-de-parto-prematuro/2314751/0

[21] Luoping Zhang, Iemaan Rana, Rachel M. Shaffer, Emanuela Taioli, Lianne Sheppard, Exposure to glyphosate-based herbicides and risk for non-Hodgkin lymphoma: A meta-analysis and supporting evidence, *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, Volume 781, 2019, Pages 186-206, ISSN 1383-5742, https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2019.02.001. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383574218300887

[22] IARC Monograph on Glyphosate. Disponible en línea: URL (a la que se accede el 27/02/2022) - https://www.iarc.who.int/featured-news/media-centre-iarc-news-glyphosate/

[23] Revaluación del glifosato. Boletín acsa brief núm 10 julio-agosto 2018. Actualización. Disponible en línea: URL (a la que se accede el 27/02/2022).- https://acsa.gencat.cat/es/actualitat/butlletins/acsa-brief/reavaluacio-del-glifosat/index.html

[24] Glifosato: la EFSA y la ECHA inician consultas. Published: 23 Septiembre 2021. EFSA. Disponible en línea: URL (a la que se accede el 24/03/2022).- https://www.efsa.europa.eu/es/news/glyphosate-efsa-and-echa-launch-consultations

[25] INFORME DE LA 49ª Reunión del comité del codex sobre residuos de plaguicidas Beijing, República Popular de China, 24 - 29 de abril de 2017. Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias, Comisión del CODEX ALIMENTARIUS 40º período de sesiones. CICG, Ginebra, Suiza. 17 – 22 de julio de 2017. http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-718-49%252FREPORT%252FREP17_PRs.pdf

[26] REGLAMENTO DE EJECUCIÓN (UE) 2017/2324 DE LA COMISIÓN de 12 de diciembre de 2017. Disponible en línea: URL (a la que se accede el 27/02/2022) - https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R2324&from=RO

[27] La exposición durante el embarazo al glifosato, el herbicida más utilizado a nivel mundial, y el riesgo de parto prematuro. Manolis Kogevinas , Director científico de la distinción Severo Ochoa. 19.5.2021. https://www.isglobal.org/healthisglobal/-/custom-blog-portlet/la-exposicion-durante-el-embarazo-al-glifosato-el-herbicida-mas-utilizado-a-nivel-mundial-y-el-riesgo-de-parto-prematuro/2314751/0

[28] Glifosato: los reguladores de la UE empiezan a revisar las evaluaciones para la renovación de la autorización. Published: 15 Junio 2021. Disponible en línea: URL (a la que se accede el 27/02/2022) - https://www.efsa.europa.eu/es/news/glyphosate-eu-regulators-begin-review-renewal-assessments

[29] La renovación del glifosato entra en la fase decisiva. 03 Junio 2021. Disponible en línea: URL (a la que se accede el 27/02/2022) - https://www.phytoma.com/noticias/noticias-de-actualidad/la-renovacion-del-glifosato-entra-en-la-fase-decisiva

[30] Study shows EU Glyphosate assessment based on flawed science. 02.07.2021. Disponible en línea: URL (a la que se accede el 27/02/2022) - https://corporateeurope.org/en/2021/07/study-shows-eu-glyphosate-assessment-based-flawed-science. https://s3.amazonaws.com/s3.sumofus.org/images/Evaluation_scientific_quality_studies_genotoxic_glyphosate.pdf

[31] Pesticide Action Network Use of science in EU risk assessment (2018). *Pesticide Action Network and Use of Science in EU Risk Assessment*. Disponible en línea: URL (a la que se accede el 27/02/2022) - http://www.pan-europe.info/eu-legislation/legislation-plant-protection-products/use-science-eu-risk-assessment

[32] Barnett Jacqueline A., Gibson Deanna L., Separating the Empirical Wheat From the Pseudoscientific Chaff: A Critical Review of the Literature Surrounding Glyphosate, Dysbiosis and Wheat-Sensitivity. *Frontiers in Microbiology*. 11. 2020. https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fmicb.2020.556729. DOI=10.3389/fmicb.2020.556729

[33] Székács András, Darvas Béla. Re-registration Challenges of Glyphosate in the European Union. *Frontiers in Environmental Science*. Vol. 6. 2018. https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fenvs.2018.00078. DOI=10.3389/fenvs.2018.00078

[34] Luo, QH., Gao, J., Guo, Y. et al. Effects of a commercially formulated glyphosate solutions at recommended concentrations on honeybee (Apis mellifera L.) behaviours. *Sci Rep 11*, 2115 (2021). https://doi.org/10.1038/s41598-020-80445-4

[35] Bayer Provides Update on Path to Closure of Roundup™ Litigation. Thursday - July 29, 2021. Disponible en línea: URL (a la que se accede el 27/02/2022) - https://media.bayer.com/baynews/baynews.nsf/id/Bayer-Provides-Update-on-Path-to-Closure-of-Roundup-Litigation

[36] Multidistrict litigation and Bayer's failed Roundup gambit. By Elizabeth Burch. June 1, 2021 6:57 PM CEST . Disponible en línea: URL (a la que se accede el 27/02/2022) - https://www.reuters.com/legal/legalindustry/multidistrict-litigation-bayers-roundup-gambit-2021-06-11/

[37] Resolución del Parlamento Europeo, de 30 de mayo de 2018, sobre el proyecto de Decisión de Ejecución de la Comisión relativa a la renovación de la autorización de comercialización de productos que estén compuestos de maíz modificado genéticamente GA21 (MONØØØ21-9), de conformidad con el Reglamento (CE) n.o 1829/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo sobre alimentos y piensos modificados genéticamente (D056125 -02 – 2018/2698(RSP)). 2020/C 76/05 p. 42. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=OJ:C:2020:076:FULL&from=ES

[38] IARC Monograph on Glyphosate. Disponible en línea: URL (a la que se accede el 24/03/2022).- https://www.iarc.who.int/featured-news/media-centre-iarc-news-glyphosate/

[39]IARC Monographs evaluate DDT, lindane, and 2,4-D, 23 June 2015. Disponible en línea: URL (a la que se accede el 24/03/2022).- https://www.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/07/pr236_E.pdf

[40] El lindano (contaminante orgánico persistente) en la UE. 15-11-2016. Disponible en línea: URL (a la que se accede el 24/03/2022).- https://www.europarl.europa.eu/thinktank/es/document.html?reference=IPOL_STU%25282016%2529571398

[41] Fichas técnicas sobre la Unión Europea - 2021. Los productos químicos y los plaguicidas. Disponible en línea: URL (a la que se accede el 24/03/2022).- https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/es/FTU_2.5.8.pdf

[42] Székács András, Darvas Béla. Re-registration Challenges of Glyphosate in the European Union. *Frontiers in Environmental Science*. Vol. 6. 2018. https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fenvs.2018.00078. DOI=10.3389/fenvs.2018.00078

[43] Székács András, Darvas Béla. Re-registration Challenges of Glyphosate in the European Union. *Frontiers in Environmental Science*. Vol. 6. 2018. https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fenvs.2018.00078. DOI=10.3389/fenvs.2018.00078

[44] Gergő Tóth, Judit Háhn, Júlia Radó, Diána A. Szalai, Balázs Kriszt, Sándor Szoboszlay. Cytotoxicity and hormonal activity of glyphosate-based herbicides, *Environmental Pollution*, Volume 265, Part B, 2020, 115027, ISSN 0269-7491. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115027. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749120321114

[45] Ziwei Ye, Felicia Wu, David A. Hennessy. Environmental and economic concerns surrounding restrictions on glyphosate use in corn. *Proceedings of the National Academy of Sciences* May 2021, 118 (18) e2017470118; DOI: 10.1073/pnas.2017470118. https://doi.org/10.1073/pnas.2017470118

[46] Glyphosate: Organized Blindness on Pesticide Risks. Christian Schliemann-Radbruch. Blog post. 2015. Disponible en línea: URL (a la que se accede el 24/03/2022).-https://www.ecchr.eu/en/publication/glyphosate-organized-blindness-on-pesticide-risks/

[47] Resolución del Parlamento Europeo, de 30 de mayo de 2018, sobre el proyecto de Decisión de Ejecución de la Comisión relativa a la renovación de la autorización de comercialización de productos que estén compuestos de maíz modificado genéticamente GA21 (MON-ØØØ21-9), de conformidad con el Reglamento (CE) n.o 1829/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo sobre alimentos y piensos modificados genéticamente (D056125 -02 – 2018/2698(RSP)). 2020/C 76/05 p. 42. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=OJ:C:2020:076:FULL&from=ES

[48] Escuer, Lorena y Carballo Pérez, Gabino ¿Dónde reside la naturaleza? Biodiversidad funcional en los espacios verdes urbanos. *PARJAP: Boletín de la Asociación Española de Parques y Jardines*, ISSN 1699-3349, Nº. 91, 2018, págs. 6-16

[49] Escuer, Lorena & Alonso Martínez, Puy & Francolí, Albert & Martí, Izaskun. (2019). Proyecto piloto del control biológico por conservación en alcorques de la ciudad de Barcelona. Congreso Nacional de Medio Ambiente (CONAMA). Noviembre 2019. Disponible en línea: URL (a la que se accede el 05/02/2023) - https://www.researchgate.net/publication/340399270_Proyecto_piloto_del_control_biologico_por_conservacion_en_alcorques_de_la_ciudad_de_Barcelona

[50] Escuer, Lorena. Biodiversidad funcional urbana. estrategias para la promoción de la conservación de polinizadores. Presentación. Congreso Nacional del Medio Ambiente. Madrid, del 26 al 29 de noviembre de 2018. Disponible en línea: URL (a la que se accede el 05/02/2023) - http://www.conama.org/conama/download/files/conama2018/STs%202018/5015_ppt_LEscuer-Constante.pdf

[51] Escuer, Lorena y Carballo Pérez, Gabino (2016) Control Biológico: La revolución tranquila en la gestión y apariencia del espacio verde urbano. Revista PARJAP, Nº 84, p. 26-32.

[52] Assessment Group on Glyphosate – AGG. Disponible en línea: URL (a la que se accede el 24/03/2022).- https://ec.europa.eu/food/plants/pesticides/approval-active-substances/renewal-approval/glyphosate/assessment-group_es

[53] Glyphosate. Phytoweb.be. Official website of the FPS Health, Food Chain Safety and Environment. Disponible en línea: URL (a la que se accede el 24/03/2022).- https://fytoweb.be/en/plant-protection-products/use/glyphosate#danger-environment

[54] Glifosato: los reguladores de la UE empiezan a revisar las evaluaciones para la renovación de la autorización. Published: 15 Junio 2021. Disponible en línea: URL (a la que se accede el 07/04/2022) - https://www.efsa.europa.eu/es/news/glyphosate-eu-regulators-begin-review-renewal-assessments

[55] Veracidad y responsabilidad ética en la gestión actual de los parques y jardines públicos. 18 noviembre, 2020. Gabino Carballo. Disponible en línea: URL (a la que se accede el 24/03/2022).- https://www.aepjp.es/veracidad-responsabilidad-etica-gestion-actual-parques

Naturaleza, salud y bienestar: como conectar en un ambiente urbano

Auri Carballo Rolph.

Estudiante de Grado, Birkbeck, *University of London*; aacarrolph@gmail.com

Resumen en español: La sociedad humana es hoy más que nunca una civilización urbana, con más de la mitad de la población mundial actualmente en áreas urbanas, proporción que seguirá creciendo. La forma de nuestras urbes supone la intensificación de nuestro entorno y la eliminación de numerosos procesos y entornos naturales, entre ellos la presencia de los grandes espacios verdes agrícolas y forestales que han acompañado nuestra civilización durante años. Algunos investigadores consideran la creciente urbanización como una amenaza tanto para la salud mental como para la biodiversidad y afirman que la presencia de árboles en las calles es un componente importante de la biodiversidad de los espacios verdes urbanos, y la salud mental de las personas, aunque se sepa poco sobre sus efectos. Las ciudades son propensas a ofrecer tasas más altas de mala salud mental, y los estudios indican que esta situación se agravó durante los periodos de confinamiento por COVID-19. Distintos estudios muestran que se podría aumentar la salud de las personas y evitar un número de muertes prematuras en las ciudades europeas aumentando la exposición a los espacios verdes. Parece importante el impacto que los entornos saludables pueden tener en la salud mental, ya que esta es una de las principales causas de enfermedad y discapacidad en todo el mundo. Diversos estudios han investigado los posibles efectos de la presencia de naturaleza sobre la salud mental del habitante urbano contemporáneo, aunque no existen teorías conclusivas que expliquen este efecto. Si bien los mecanismos que subyacen a la conexión entre los beneficios para la salud y los espacios verdes aún no están claros, las teorías actuales indican que los entornos naturales brindan espacios donde las personas pueden ser físicamente activas -por ejemplo, fomentan la caminata, la carrera, el ciclismo- y facilitan la interacción social, dos factores importantes que contribuyen a una buena salud mental. ¿Cómo vincular estrechamente a los habitantes de la ciudad con la naturaleza? La jardinería es una actividad que ha demostrado tener un impacto significativo en la salud, tanto mental como física. Los estudios muestran que adultos de cierta edad que cultivan un huerto regularmente reportan mejor salud y bienestar general que los vecinos de la misma edad que no trabajan en el jardín. La jardinería realizada en pequeñas parcelas puede mejorar el estado de ánimo, ya que mejora la autoestima al reducir la tensión, la depresión, la ira y la confusión. Las investigaciones también han demostrado que, en general, los jardineros tienden a tener una mejor calidad de vida. Una de las dificultades de promover la jardinería y otras actividades saludables entre la población general es la dificultad de llegar al público correcto y motivarlo para emprender cambios en su estilo de vida. En los últimos años, las aplicaciones móviles se han utilizado cada vez más para prevenir y controlar factores de riesgo, aumentar la actividad física y mejorar los hábitos dietéticos. Estas aplicaciones móviles se han identificado como herramientas útiles para participar en estudios, recibir información individualizada, generar una motivación sostenida mediante el envío automático de mensajes y favorecer el contacto entre usuarios y profesionales de la salud, así como, en última instancia, cambiar los hábitos. Según un reciente meta-estudio, los resultados de salud son mejores para los usuarios de aplicaciones móviles en comparación con los no usuarios, y las campañas de salud basadas en aplicaciones móviles pueden ser una estrategia eficaz para mejorar los comportamientos en la población general. Un ejemplo de esta tendencia es la aplicación "FitQuid", una aplicación británica de salud y bienestar que tiene como objetivo motivar a la ciudadanía a vivir un estilo de vida saludable. Usando esta app, los usuarios ganan monedas digitales simplemente manteniéndose activos y completando desafíos personales y públicos, individualmente o en grupos. Aprender a usar plataformas virtuales puede ser una buena idea para mantenerse mental y físicamente activo.

Abstract in English: Human society today is more than ever an urban civilization, with more than half of the world's population now living in urban areas, a proportion that will continue to grow. The shape of our cities supposes the intensification of our environment and the elimination of numerous processes and natural environments, among them the presence of large agricultural and forest green spaces that have accompanied our civilization for years. Some researchers see increasing urbanisation as a threat to both mental health and biodiversity, claiming that the presence of street trees is an important component of the biodiversity of urban green spaces, and the mental health of people. although little is known about its effects. Cities are likely to have higher rates of poor mental health, and studies indicate that this situation worsened during periods of COVID-19 lockdowns. Different studies show that people's health could be increased, and a number of premature deaths avoided in European cities by increasing exposure to green spaces. The impact that healthy environments can have on mental health seems important, since this is one of the main causes of illness and disability worldwide. Various studies have investigated the possible effects of the presence of nature on the mental health of contemporary urban dwellers, although there are no conclusive theories that explain this effect. While the mechanisms underlying the connection between health benefits and green spaces remain unclear, current theories indicate that natural environments provide spaces where people can be physically active - for example, by encouraging walking, running, cycling - and facilitate social interaction, two important factors that contribute to good mental health. How to closely link city dwellers with nature? Gardening is an activity that has been shown to have a significant impact on health, both mental and physical. Studies show that adults of a certain age who garden regularly report better health and general well-being than their neighbours of the same age who do not work in the garden. Gardening done in small plots can improve mood, as it improves self-esteem by reducing tension, depression, anger and confusion. Research has also shown that, in general, gardeners tend to have a better quality of life. One of the difficulties in promoting gardening and other healthy activities among the general population is the difficulty of reaching the right audience and motivating them to make lifestyle changes. In recent years, mobile applications have been used more and more to prevent and control risk factors, increase physical activity and improve dietary habits. These mobile applications have been identified as useful tools to participate in studies, receive individualised information, generate sustained motivation through the automatic sending of messages, and favour contact between users and health professionals, as well as, ultimately, change behaviours. -bits. According to a recent meta-study, health outcomes are better for mobile app users compared to non-users, and mobile app-based health campaigns may be an effective strategy to improve behaviours in the general population. An example of this trend is the "FitQuid" app, a British health and wellness app that aims to motivate citizens to live a healthy lifestyle. Using this app, users earn digital currency simply by staying active and completing personal and public challenges, individually or in groups. Learning to use virtual platforms can be a good idea to stay mentally and physically active.

Palabras clave: Salud mental, actividad física, bienestar, naturaleza
Keywords: Mental health, physical activity, wellbeing, nature

1. Introducción

La sociedad humana es hoy más que nunca una civilización urbana: se estima que más de la mitad de la población mundial vive actualmente en áreas urbanas (1) y que esta proporción seguirá creciendo hasta que el 70% de las personas vivan en ciudades dentro de 20 años (2). Se espera que dentro de 15 años un tercio de la población española viva concentrada en Madrid o Barcelona, con el 33% de los españoles viviendo en esas dos ciudades, más Valencia, Zaragoza y Sevilla, según las proyecciones de la ONU (3). Para 2050, unos 6.7 mil millones de habitantes vivirán en ciudades, el doble que la población rural, que llegará a los 3.1 mil millones (4).

La forma de nuestras urbes supone la intensificación de nuestro entorno y la eliminación de numerosos procesos y entornos naturales, entre ellos la presencia de los grandes espacios verdes agrícolas y forestales que han acompañado nuestra civilización durante años. Aunque hoy en día asumimos la existencia de parques y jardines en la trama urbana como algo natural, su aparición se debió a cuestiones

directamente relacionadas con la necesidad de salud y bienestar: muchos de los primeros grandes parques públicos se ejecutaron en respuesta a las condiciones de hacinamiento y las epidemias recurrentes en las grandes urbes del siglo XIX. La presencia de espacios verdes juega desde entonces un papel urbanístico salutogénico, al promover el bienestar y garantizar el acceso al aire puro por parte de la ciudadanía (5).

Los datos muestran que las intervenciones urbanas destinadas a aumentar o mejorar los espacios verdes urbanos pueden generar resultados sociales, ambientales y de salud positivos para todos los grupos de población, particularmente entre los grupos de nivel socioeconómico más bajo; aunque existe la necesidad de una mejor inclusión de los resultados de salud y equidad en los estudios sobre intervenciones en espacios verdes, y un mejor seguimiento de la gestión local de estos, así como los impactos relacionados con la salud y la equidad (6).

Por entornos naturales, se entiende hoy en día un amplio espectro de espacios verdes que van desde los bosques y campos de cultivo hasta los que se encuentran en entornos urbanos, como parques, jardines, huertos e incluso aquellos formados por manchas de vegetación en cubiertas, fachadas y hasta jardineras. No obstante, debido a su intensificación y densidad, las ciudades también tienden a expulsar estos entornos naturales y a ser focos de contaminación del aire, de exposición al ruido, del efecto de isla de calor y, más recientemente, a la pandemia de COVID-19 (7). Los estudios realizados hasta la fecha muestran que los más desfavorecidos no solo han tenido un mayor riesgo de contraer COVID-19, sino que se han acendrado las desigualdades ya presentes en la gran urbe. Las ciudades también son propensas a ofrecer tasas más altas de mala salud mental, y los estudios indican que esta situación se agravó durante los periodos de confinamiento, en particular (8).

2. Naturaleza y bienestar

Algunos investigadores consideran la creciente urbanización como una amenaza tanto para la salud mental como para la biodiversidad y afirman que la presencia de árboles en las calles es un componente importante de la biodiversidad de los espacios verdes urbanos, y la salud mental de las personas, aunque se sepa poco sobre sus efectos (9).

Por lo que respecta al bosque urbano y su impacto sobre la salud mental, un reciente estudio realizado en Alemania analizó la relación entre la densidad de árboles en las calles y la riqueza de especies existente con la prescripción de antidepresivos para 9.751 habitantes de Leipzig. Los estudiosos examinaron el efecto de escala espacial de los árboles viarios a diferentes distancias alrededor de las viviendas de los participantes, utilizando zonas de influencia euclidianas de 100, 300, 500 y 1.000 m de distancia. Hallaron una tasa más baja de prescripciones de antidepresivos para las personas que viven a menos de cien metros de una mayor densidad de árboles en las calles, aunque esta relación fue marginalmente significativa cuando se consideraron otros factores. Sin embargo, para las personas con un nivel socioeconómico bajo, la alta densidad de árboles en las calles a 100 m alrededor de la vivienda redujo significativamente la probabilidad de que se les recetaran antidepresivos (10).

El estudio sugiere que el contacto diario con la naturaleza por medio de los árboles de las calles cerca del hogar puede reducir el riesgo de depresión, aunque no sea intencional, especialmente para las personas en grupos desfavorecidos. Esto tiene implicaciones importantes para la planificación urbana y las intervenciones de salud basadas en la naturaleza en las ciudades. Es importante notar que, según este mismo estudio, la densidad de los árboles de las calles a distancias espaciales mayores de los cien metros, y la riqueza de especies de los árboles viarios a cualquier distancia no se relacionan causalmente con todas las prescripciones de antidepresivos. Por lo tanto, para que el verde urbano tenga impacto, precisa tener una cierta estructura y una orientación social determinada.

A pesar de esto, el proceso global de concentración urbana seguramente dificultará aún más el acceso a los entornos naturales, aspecto que puede tener un importante impacto en nuestra calidad de vida. Esta evolución hacia formas urbanas carentes de acceso a la naturaleza es preocupante porque en muchos estudios se ha encontrado una relación positiva entre la naturaleza y nuestra salud y la evidencia que muestra este impacto positivo ha crecido considerablemente durante las últimas décadas. Diversos autores consideran hoy que los espacios verdes constituyen no sólo un sistema o infraestructura verde, sino que suponen un verdadero sistema natural de salud (11).

No obstante, aunque los entornos naturales desempeñan un papel importante en la preservación de la salud y el bienestar de la población en las ciudades, se desconoce el número de muertes que

podrían evitarse aumentando la cantidad de espacios verdes en las ciudades. La Organización Mundial de la Salud (OMS), de acuerdo con el informe producido por un grupo de trabajo de expertos, recomienda como indicador de salud que espacios verdes que al menos 0,5 hectáreas sean accesibles a una distancia lineal de 300 m de las viviendas (12).

En un reciente estudio de evaluación del impacto en la salud centrado en residentes adultos de 978 ciudades medianas y pequeñas, y otras 49 ciudades de mayor dimensión, en 31 países europeos se ha estimado la carga de mortalidad prevenible para 2015 a nivel local. El objetivo del estudio ha sido estimar el número de muertes por causas naturales entre los residentes adultos que podrían prevenirse en estas ciudades europeas, si se lograra seguir la recomendación de la OMS para el acceso universal a espacios verdes. Hallaron que cumplir con la recomendación de la OMS de acceso a espacios verdes podría prevenir hasta 42.968 muertes al año, lo que representa el 2,3% de la mortalidad total por causas naturales y 245 años de vida perdidos por cada 100.000 habitantes -año. Por tanto, se podría evitar un número de muertes prematuras en las ciudades europeas aumentando la exposición a los espacios verdes, contribuyendo al mismo tiempo a crear ciudades sostenibles, habitables y saludables (13).

Parece evidente que al explorar cómo afecta nuestra salud el acceso a espacios verdes, los datos muestran que la naturaleza es un factor importante para combatir algunas de las principales amenazas para la salud pública, como las enfermedades coronarias, la depresión y el estrés. Al estudiar la relación entre la cantidad de espacios verdes en el entorno de un individuo y la prevalencia de diagnósticos de enfermedades cardiovasculares, respiratorias e intestinales, junto con problemas de salud mental, un estudio holandés del año 2009 encontró que quince de las veinticuatro enfermedades investigadas reducen su incidencia de forma significativa en entornos con más espacios verdes (14).

Estos hallazgos muestran que el acceso a zonas verdes no solo puede aliviar y ayudar a la percepción de salud, sino que también puede afectar condiciones médicas específicas.

Para ampliar esta afirmación, en un trabajo de investigación realizado en Australia halló que la hospitalización por enfermedad cardíaca o accidente cerebrovascular era un 37% menor en los vecindarios con áreas verdes más variadas, en comparación con los vecindarios con menos acceso a espacios de este tipo (15). Si bien la cantidad de parques y jardines en el vecindario no se asoció necesariamente con tasas más bajas de enfermedad coronaria, lo que sí se asoció con estas tasas más bajas fue la variedad que se encuentra en esas áreas verdes, junto con destinos urbanos accesibles y deseables.

También es importante comentar el impacto que los entornos saludables pueden tener en nuestra salud mental, ya que estos problemas son una de las principales causas de enfermedad y discapacidad en todo el mundo. Diversos estudios han investigado los posibles efectos de la presencia de naturaleza sobre la salud mental del habitante urbano contemporáneo, aunque no existen teorías conclusivas que expliquen este efecto.

Si bien los mecanismos que subyacen a la conexión entre los beneficios para la salud y los espacios verdes aún no están claros, las teorías actuales indican que los entornos naturales brindan espacios donde las personas pueden ser físicamente activas -por ejemplo, fomentan la caminata, la carrera, el ciclismo- y facilitan la interacción social, dos factores importantes que contribuyen a una buena salud mental. Un estudio realizado en la ciudad de Vancouver, en Canadá, encontró que a los ancianos les motivaba más estar en espacios verdes que les resultaban familiares y seguros, para realizar actividades y disfrutar del aire fresco (16). Se preguntó a los participantes sobre su contacto diario con los espacios verdes y cómo interactuaban con ellos. Las respuestas abarcaron desde temas como fisioterapia hasta jardinería. Muchos participantes asociaron el tiempo que pasaban al aire libre en áreas verdes como una oportunidad para "disfrutar de la vida". Siguiendo distintas evidencias que correlacionan favorablemente naturaleza y salud, la ciudad de Vancouver ofrece ya "prescripciones de naturaleza" (17).

Un estudio realizado en áreas socialmente desfavorecidas en Escocia estableció una relación significativa entre la falta de acceso a entornos verdes y los niveles de estrés, medidos por los patrones de secreción de cortisol, la hormona involucrada en la respuesta de "lucha o huida" que regula esta reacción fisiológica. Los autores descubrieron que las áreas con más espacios verdes estaban relacionadas con niveles más bajos de estrés percibido (18).

Estos resultados no son exclusivos de ciertas ciudades occidentales: un estudio realizado en Japón durante el cual los individuos visitaron áreas boscosas y urbanas también arrojó resultados similares en los participantes. En comparación con el entorno urbano, los investigadores encontraron que las visitas

a los bosques tuvieron un impacto positivo en los participantes, lo que resultó en una presión arterial y una frecuencia cardíaca más baja: además de inducir mejores estados de ánimo (19).

Los beneficios del contacto con la naturaleza no se limitan a los aspectos físicos de la salud. Según un estudio reciente, el acceso a los espacios verdes en la infancia estaría asociado con un menor riesgo de padecer trastornos psiquiátricos desde la adolescencia hasta la edad adulta, aunque se desconocen los mecanismos subyacentes. Los datos muestran una asociación consistente entre niveles de exposición más altos a espacios verdes durante la infancia y un menor riesgo de desarrollar algún trastorno psiquiátrico más adelante. Por tanto, parece que los espacios verdes pueden proporcionar beneficios para la salud mental y posiblemente reducir el riesgo de trastornos psiquiátricos a largo plazo (20).

Las teorías sobre por qué este podría ser el caso se centran en diferentes aspectos como la evolución, la reducción del estrés o la restauración de la atención. Algunos autores mantienen que esta asociación positiva con la naturaleza se debe a la evolución. El biólogo estadounidense Edward O. Wilson propuso en su libro "Biophilia" que la conexión que los humanos tienen con la naturaleza posee una base genética y está arraigada en nuestra historia evolutiva. Etimológicamente hablando, el título del libro – biofilia- significa "amor por los seres vivos" (21). Los avances tecnológicos durante los siglos XIX y XX tuvieron un impacto significativo en la relación entre la naturaleza y la humanidad, disminuyendo nuestro impulso de interactuar con los espacios naturales. Y, sin embargo, el contacto con la naturaleza es vital para nuestra salud física y mental.

La creencia de que la naturaleza tiene efectos terapéuticos sobre nuestra salud se remonta a muchos siglos atrás. Hipócrates destacó la importancia del "aire, las aguas y los lugares" para nuestro bienestar general (22), y los textos romanos antiguos reconocieron los beneficios para la salud de los espacios verdes (23). En 1991, Roger Ulrich desarrolló la Teoría de Reducción del Estrés (SRT) basada en un estudio en el que los participantes vieron una película estresante y luego fueron expuestos a videos en color y sonido de diferentes entornos naturales y urbanos. Según la SRT, aquellos entornos naturales que contienen vegetación y agua, y que por tanto muestran que proporcionan recursos y lugares de refugio de los depredadores, se consideran más favorablemente. En la práctica, esto se traduce en una reducción inconsciente del estrés cuando nos hallamos en espacios verdes de estas características (24).

Otra teoría es la Teoría de Restauración de la Atención, o "ART", desarrollada por Rachel y Stephen Kaplan en la década de 1980, que describe el efecto restaurador y positivo que la naturaleza tiene en nuestras mentes. Según la ART, los entornos urbanos afectan nuestra concentración, saturándonos de información procedente de señales constantes (ruido, sonidos, luces, etc.) que requieren una constante "atención voluntaria". Este tipo de atención requiere esfuerzo y depende de la inhibición de otros estímulos, lo que conduce a la fatiga (25). La naturaleza no requiere de excesiva atención voluntaria, sino que genera "fascinación" o "atención involuntaria", tal como lo denominó William James26 . Esto incluye contemplar cómo las nubes se mueven, las hojas se balancean o el agua gotea. La naturaleza brinda momentos de paz donde podemos recuperarnos de la fatiga mental, haciéndonos sentir mejor y devolviéndonos la capacidad de prestar atención y ser creativos.

Las personas parecen tender a recurrir a la naturaleza en ciertas situaciones de estrés, como se ha podido ver durante la pandemia del COVID-19. Una encuesta realizada durante 2020 en el Reino Unido mostró un aumento en el número de adultos que pasan tiempo en espacios verdes, con más del 67% de los adultos pasando tiempo al aire libre en julio de ese año, en comparación con el 49% de abril. Además, el 85% de los participantes de esta encuesta afirmó que "estar en la naturaleza les hace felices", el 75% mencionó que estaban intentando interactuar más con la naturaleza y el 42% afirmó que la naturaleza era importante para su bienestar. Estar expuesto a la naturaleza durante al menos 120 minutos a la semana está relacionado con una mejor percepción de salud (27).

Estos hallazgos contribuyen a nuestra comprensión del entorno urbano como un factor de riesgo ambiental importante para la salud mental y pueden guiar el diseño de entornos urbanos saludables, así como instituciones y programas que afectan la vida infantil, como, por ejemplo, los entornos escolares. Garantizar el acceso a espacios verdes seguros y saludables, y mejorar las oportunidades para una amplia gama de usos, especialmente en entornos urbanos densificados, podría ser una herramienta importante para gestionar y minimizar la prevalencia de trastornos psiquiátricos (28).

Un menor acceso a espacios verdes podría ser un factor de riesgo adicional para la salud mental entre los grupos vulnerables de la sociedad. La pérdida de interacciones entre humanos y naturaleza presenta un riesgo para la salud y también puede reducir el aprecio a los entornos naturales por parte

de las personas, lo que puede crear cierta retroalimentación negativa que tienda a minusvalorar el valor de lo natural. Por el contrario, las experiencias positivas, como la restauración psicológica o la cohesión social, pueden motivar comportamientos ecológicos positivos (29).

Por tanto, el incremento de la presencia de naturaleza en la forma urbana podría proporcionar beneficios para la salud mental al mismo tiempo que protege la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de los propios entornos naturales.

3. Jardinería y salud

Pero ¿Cómo vincular estrechamente a los habitantes de la ciudad con la naturaleza? Además de favorecer la presencia de una infraestructura verde urbana accesible y resiliente, una forma de que cualquiera pueda experimentar un contacto directo con la naturaleza es la jardinería, una actividad que ha demostrado tener un impacto significativo en la salud, tanto mental como física. Sin embargo, hasta hace unos años no se habían realizado evaluaciones estadísticas formales para probar esta relación, pero cada vez hay más pruebas de que la jardinería proporciona importantes beneficios para la salud humana.

Según un estudio realizado en los Países Bajos, los jardineros presentan niveles más altos de actividad física durante el verano en comparación con los vecinos sin jardines (30). Además, los adultos de cierta edad que cultivan un huerto regularmente reportan mejor salud y bienestar general que los vecinos de la misma edad que no trabajan en el jardín. Los ejercicios relacionados con la jardinería requieren fuerza y destreza, como cavar y cortar el césped, y son muy intensos en calorías (31).

Un estudio similar realizado en Japón evaluó el impacto de plantar sobre la presión arterial en adultos mayores en residencias. El estudio encontró que las medidas de presión arterial eran significativamente más bajas después de participar en la tarea de plantación que en la tarea de control (32). La jardinería realizada en pequeñas parcelas puede mejorar su estado de ánimo, ya que mejora la autoestima al reducir la tensión, la depresión, la ira y la confusión.

Entre 2006 y 2009 se llevó a cabo un estudio con el objetivo de determinar el efecto de la jardinería en el bienestar (33). Los 269 participantes respondieron un cuestionario sobre su autoestima, estado de ánimo y salud general antes y después de la sesión de jardinería. También se pidió a los jardineros que anotaran lo que disfrutaban de la jardinería en su parcela. Hubo cinco fuentes principales de disfrute para los participantes: estar al aire libre y con la naturaleza, una sensación de logro, restauración y alivio del estrés. Las investigaciones también han demostrado que, en general, los jardineros tienden a tener una mejor calidad de vida. Por ejemplo, entre los jardineros y no jardineros que respondieron a un cuestionario de satisfacción con su vida, que se encuentra en los recursos en línea para "Maestros Jardineros" de Texas, se encontraron diferencias en sus respuestas sobre niveles de energía, optimismo y ganas de vivir (34).

Estos resultados se han encontrado en los resultados de un metaanálisis del año 2016 sobre investigaciones que examinan los efectos de la jardinería, incluida la terapia hortícola, en la salud en todo el mundo. La evidencia presenta una amplia gama de resultados sobre la salud, como reducción de la depresión, la ansiedad y el índice de masa corporal, así como aumentos en la satisfacción con la vida, la calidad de vida y el sentido de comunidad. Las estimaciones metaanalíticas mostraron un efecto positivo significativo de la jardinería en los resultados de salud tanto para todos como para conjuntos de estudios de subgrupos, mientras que los tamaños del efecto difirieron entre ocho subgrupos. Aún con la presencia de sesgo de publicación, los efectos positivos significativos de la jardinería se mantuvieron, proporcionando pruebas sólidas de los efectos positivos de la jardinería en la salud, hasta el punto de que los autores afirmaron que "Una dosis regular de jardinería puede mejorar la salud pública"(35).

Estos efectos saludables de la práctica de la jardinería se muestran incluso para enfermedades neurológicas crónicas como la demencia. En un estudio que explora las experiencias de pacientes con demencia que participan en huertos comunitarios revela la importancia de las actividades de jardinería, ya que los participantes pueden expresarse y reconectarse con aspectos de sí mismos y su voluntad, lo que no es normalmente posible durante su vida diaria (36).

El conocido neurólogo Oliver Sacks escribió en una colección póstuma de escritos, "Everything in its Place": "He descubierto que solo dos tipos de "terapia" no farmacéutica son de vital importancia para los pacientes con enfermedades neurológicas crónicas: la música y los jardines. […] Descubrí que

no había nada que a los pacientes encerrados durante mucho tiempo les gustara más que una visita al jardín". Escribe cómo sus pacientes con demencia avanzada o enfermedad de Alzheimer sabían exactamente cómo cultivar un huerto y afirmó: "Nunca he visto a un paciente plantar algo al revés" (37).

Según una encuesta del 2020 de Natural England (38), la gran mayoría de los adultos en Inglaterra (91 %) está de acuerdo en que los espacios verdes y naturales deberían ser buenos lugares para la salud mental y el bienestar, y también que son lugares que fomentan la salud física y el ejercicio (84 %). No obstante, entre mayo de 2020 y mayo de 2021, solo un 63.3% de hombres y 59.8% de mujeres cumplieron con los criterios de actividad física determinados por el gobierno británico (39).

Además de los efectos sobre la salud, están los efectos psicológicos y sociales de la soledad en las personas mayores, un problema importante en el Reino Unido hoy en día, que se ha exacerbado durante la pandemia de COVID-19. El Reino Unido ya gasta cerca de 18 mil millones de libras en atención a personas mayores al año, una cifra que se espera alcance alrededor de 20 mil millones en 2024 (40).

4. Conectando naturaleza y salud

Una de las dificultades de promover la jardinería y otras actividades saludables entre la población general es la dificultad de llegar al público correcto y motivarlo para emprender cambios en su estilo de vida. En los últimos años, las aplicaciones móviles se han utilizado cada vez más para prevenir y controlar factores de riesgo, aumentar la actividad física, mejorar los hábitos dietéticos, promover pérdida de peso y reducir el tabaquismo, el estrés, la depresión y la obesidad a medida que ha aumentado la necesidad de programas de promoción de la salud en la población general. Una aplicación puede presentar juegos o cuestionarios para ayudar a las personas a recordar su información de salud y mejorar su aprendizaje. También brinda oportunidades para la "comparación social" como una técnica de cambio de comportamiento y puede fomentar la motivación positiva. Estudios adicionales han demostrado que las intervenciones en las que los participantes monitorean su propio comportamiento y evalúan el logro de los objetivos sin comentarios, la influencia de pares y el apoyo social también pueden ser efectivos. Esto sugiere que monitorear el propio comportamiento de salud y el logro de objetivos es tan importante como el contacto social para el comportamiento de salud individual (41).

Como consecuencia, estas aplicaciones móviles han sido identificadas como herramientas útiles para mejorar la eficiencia del autocuidado de los pacientes, así como el manejo de los síntomas, debido a la ventaja de la retroalimentación en tiempo real. Las aplicaciones pueden facilitar a los usuarios participar en estudios, recibir información individualizada, generar una motivación sostenida mediante el envío automático de mensajes de texto y favorecer el contacto entre usuarios y profesionales de la salud, así como, en última instancia, cambiar los hábitos. El mismo metaestudio resalta que los resultados de salud son mejores para los usuarios de aplicaciones móviles en comparación con los no usuarios, por lo que las campañas de salud basadas en aplicaciones móviles pueden ser una estrategia eficaz para mejorar los comportamientos en la población general. Este estudio sugiere que el uso de aplicaciones móviles se está volviendo común para una variedad de comportamientos que promueven la salud, además de la actividad física y el control del peso (42).

Un ejemplo de esta tendencia es la aplicación "FitQuid", una aplicación británica de salud y bienestar que tiene como objetivo motivar a la ciudadanía a vivir un estilo de vida saludable. Esta aplicación es una solución digital para combatir la inactividad física de la población general del Reino Unido. Usando FitQuid, los usuarios ganan monedas digitales simplemente manteniéndose activos y completando desafíos personales y públicos, individualmente o en grupos (43).

Otro objetivo es combatir el problema de la soledad en personas mayores, un problema exacerbado durante la pandemia de COVID-19. Aprender a usar plataformas virtuales puede ser una buena idea para mantenerse mentalmente activo, ya que puede aprender nuevas habilidades y encontrar formas más fáciles de comunicarse con sus seres queridos. Estudios recientes muestran que las personas mayores que usan una computadora una o más veces a la semana tienen un 42 % menos de probabilidades de desarrollar problemas de memoria y de pensamiento. Los resultados indican un vínculo entre la actividad social con un riesgo retardado o reducido de deterioro cognitivo relacionado con la edad (44).

La intención de "FitQuid" es crear una comunidad digital de personas vinculadas por la actividad física y la participación. FitQuid motiva a sus usuarios a mantenerse en forma y desarrollar vínculos

sociales, ayudándolos a establecer desafíos y metas para mantener a todos activos y conectados con las personas que los rodean.

5. Conclusiones

Los estudios realizados hasta la fecha indican que un menor acceso a espacios verdes podría ser un factor de riesgo adicional para la salud mental y física entre diversos grupos sociales, especialmente los más vulnerables, como mayores, niños y personas con dificultades económicas. La pérdida de interacciones entre humanos y naturaleza no solo presenta un riesgo para la salud, también puede reducir el aprecio a los entornos naturales y puede crear cierta retroalimentación negativa. Las experiencias positivas, como la restauración psicológica o la cohesión social, pueden motivar comportamientos ecológicos positivos y el incremento de la presencia de naturaleza en la forma urbana podría proporcionar beneficios para la salud de la ciudadanía al tiempo que protege la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que esta ofrece.

No obstante, existen algunas dificultades para conectar a las personas con la naturaleza y las actividades saludables como la jardinería, que presenta numerosas ventajas para la salud física y mental de los que la practican. La dificultad de llegar al público correcto y motivarlo para emprender cambios en su estilo de vida ha abierto la oportunidad al uso de aplicaciones móviles diseñadas para fomentar hábitos saludables y prevenir y controlar factores de riesgo, a medida que ha aumentado la necesidad de programas de promoción de la salud en la población general. Estas aplicaciones móviles han sido identificadas como herramientas útiles para mejorar la eficiencia del autocuidado de las personas por su capacidad para producir una retroalimentación en tiempo real. Las aplicaciones pueden generar una motivación sostenida y favorecer el contacto entre usuarios y profesionales de la salud, que ayude a cambiar sus hábitos. Los resultados de salud son mejores para los usuarios de aplicaciones móviles en comparación con los no usuarios, por lo que las campañas de salud basadas en aplicaciones móviles pueden ser una estrategia eficaz para mejorar los comportamientos en la población general. Aprender a usar plataformas virtuales puede ser una buena idea para mantenerse mentalmente activo y encontrar formas más fáciles de comunicarse con seres queridos, lo que permite combatir también la sensación de soledad. Existen ya ejemplos de aplicaciones de este tipo, como la británica “FitQuid”, que tiene como objetivo motivar a la ciudadanía a vivir un estilo de vida saludable al tiempo que los usuarios ganan monedas digitales manteniéndose activos. Este tipo de aplicaciones se pueden utilizar para motivar a sus usuarios a mantenerse en forma y desarrollar vínculos sociales en entornos naturales urbanos ayudándolos a establecer metas que les permitan mantenerse activos y conectados con otras personas.

Referencias

[1] The World Bank. Urban population (% of total population). United Nations Population Division. World Urbanization Prospects: 2018 Revision. [Archivo de datos]. Disponible en línea: https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS (27/02/2022)

[2] Nieuwenhuijsen, M. J., Hahad, O., & Münzel, T. (2021) The COVID-19 pandemic as a starting point to accelerate improvements in health in our cities through better urban and transport planning. *Environmental Science and Pollution Research*. 29,16783–16785.

[3] El Diario. Casi un tercio de la población española vivirá concentrada en Madrid y Barcelona dentro de 15 años. Disponible en línea: https://www.eldiario.es/sociedad/espana-vaciada-poblacion-madrid-barcelona_1_1677170.html (27/02/2022)

[4] Ritchie, H., Roser, M. (2018). "Urbanization". OurWorldInData.org. Disponible en línea: https://ourworldindata.org/urbanization (27/02/2022)

[5] Carballo Pérez, Gabino. (2021) La importancia de parques y jardines públicos como infraestructuras verdes. *Revista Ambienta*. 127; 88-95.

[6] Urban green space interventions and health: A review of impacts and effectiveness. Full report (2017). Disponible en linea: https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/urban-health/publications/2017/urban-green-space-interventions-and-health-a-review-of-impacts-and-effectiveness.-full-report-2017 (10/03/2022)

[7] Barboza, E. P., Cirach, M., Khomenko, S., Iungman, T., Mueller, N., Barrera-Gómez, J., Rojas-Rueda, D., Kondo, M., & Nieuwenhuijsen, M. (2021). Green space and mortality in European cities: a health impact assessment study. *The Lancet Planetary Health*, 5(10), e718–e730.

[8] Kunzler, A. M., Röthke, N., Günthner, L., Stoffers-Winterling, J., Tüscher, O., Coenen, M., Rehfuess, E., Schwarzer, G., Binder, H., Schmucker, C., Meerpohl, J. J., & Lieb, K. (2021). Mental burden and its risk and protective factors during the early phase of the SARS-CoV-2 pandemic: systematic review and meta-analyses. *Globalization and Health*, 17(34).

[9] Marselle, M. R., Bowler, D. E., Watzema, J., Eichenberg, D., Kirsten, T., & Bonn, A. (2020). Urban street tree biodiversity and antidepressant prescriptions. *Scientific Reports,* 10(1), 22445.

[10] Marselle, M. R., Bowler, D. E., Watzema, J., Eichenberg, D., Kirsten, T., & Bonn, A. (2020). Urban street tree biodiversity and antidepressant prescriptions. *Scientific Reports,* 10(1), 22445.

[11] Calaza Martínez, Pedro (2017) *Infraestructura verde. Sistema natural de Salud*. Editorial Mundi Prensa. ISBN: 9788484767138.

[12] Urban green spaces and health. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen. 2016.

[13] Pereira Barboza, Evelise, Marta Cirach, Sasha Khomenko, Tamara Iungman, Natalie Mueller, Jose Barrera-Gómez, David Rojas-Rueda, Michelle Kondo, Mark Nieuwenhuijsen. Green space and mortality in European cities: a health impact assessment study. *The Lancet Planetary Health*, Volume 5, Issue 10, 2021, Pages e718-e730, ISSN 2542-5196, https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00229-1.

[14] Maas, J; Verheij. R. A; de Vries, S, Spreeuwenberg, P; Schellevis, F. G; Groenewegen, P. P. (2009) Morbidity is related to a green living environment. *Journal of Epidemiology & Community Health*. 63:967-973.

[15] Pereira, G; Foster, S; Martin, K; Christian, H; Boruff, B. J; Knuiman, M; Giles-Corti, B. (2012) The association between neighborhood greenness and cardiovascular disease: an observational study. *BMC Public Health*. 12:466.

[16] Finlay, J; Franke, T; McKay, H; Sims-Gould, J. (2015). Therapeutic landscapes and wellbeing in later life: Impacts of blue and green spaces for older adults. *Health & Place*. 34,97-106.

[17] Metcalfe, Z. (2021). Take two hikes and call me in the morning. *Canada's National Observer*. Disponible en linia: https://www.nationalobserver.com/2020/12/07/canada-nature-prescription-program-outdoors-health (28/02/2022)

[18] Roe, J.J; Thompson, C.W; Aspinall, P.A; Brewer, M.J; Duff, E.I; Miller, D; Mitchell, R; Clow, A. (2013) Green Space and Stress: Evidence from Cortisol Measures in Deprived Urban Communities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 10(9),4086-4103.

[19] Tsunetsugu, Y; Lee, J; Park, B. J; Tyrväinen, L; Kagawa, T; Miyazaki, Y. (2013). Physiological and psychological effects of viewing urban forest landscapes assessed by multiple measurements. *Landscape and Urban Planning*. 113,90-93.

[20] Engemann, K., Pedersen, C. B., Arge, L., Tsirogiannis, C., Mortensen, P. B., & Svenning, J.-C. (2019). Residential green space in childhood is associated with lower risk of psychiatric disorders from adolescence into adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(11),5188–5193.

[21] Wilson, E. O. (1984). *Biophilia*. Harvard University Press.

[22] Burford, A. (1969). *The Greek temple builders at Epidauros: a social and economic study of building in the Asklepian sanctuary, during the fourth and early third centuries BC*. University of Toronto Press.

[23] Thompson, C. W. (2011). Linking landscape and health: The recurring theme. *Landscape and Urban Planning*. 99 (3–4),187-195.

[24] Ulrich, R. S; Robert, F. S; Losito, B. D; Fiorito, E; Miles, M; Zelson, M. (1991). Stress Recovery During Exposure to Natural and Urban Environments. *Journal of Environmental Psychology*. 11,201-230.

[25] Kaplan, R., Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective*. New York, NY: Cambridge University Press.

[26] James, W. (1892). *Psychology: The briefer course*. New York: Holt.

[27] White, M.P; Alcock, I; Grellier, J; Wheeler, B. W; Hartig, T; Warber, S. L; Bone, A; Depledge, M. H; Fleming, L. E. (2019) Spending at least 120 minutes a week in nature is associated with good health and wellbeing. *Sci Rep*, 9, 7730.

[28] Engemann, K., Pedersen, C. B., Arge, L., Tsirogiannis, C., Mortensen, P. B., & Svenning, J.-C. (2019). Residential green space in childhood is associated with lower risk of psychiatric disorders from adolescence into adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(11),5188–5193.

[29] Engemann, K., Pedersen, C. B., Arge, L., Tsirogiannis, C., Mortensen, P. B., & Svenning, J.-C. (2019). Residential green space in childhood is associated with lower risk of psychiatric disorders from adolescence into adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(11),5188–5193.

[30] van den Berg, A. E; van Winsum-Westra, M; de Vries, S; van Dillen, S. M. E. (2010). Allotment gardening and health: a comparative survey among allotment gardeners and their neighbors without an allotment. Environ Health. 9, 74.

[31] Vaz, M; Karaolis, N; Draper, A; Shetty, P. (2005) A compilation of energy costs of physical activities. *Public Health Nutr*. 8(7A).

[32] Hassan, D; Qibing, C; Jiang, T. (2017). Physiological and psychological effects of gardening activity in older adults. *Geriatrics & Gerontology International*. 18 (8).

[33] Wood, C.J; Pretty, J., & Griffin, M. (2016). A case–control study of the health and well-being benefits of allotment gardening, *Journal of Public Health*, Volume 38(3);336–344.

[34] Waliczek, T.M., Zajicek, J.M., & Lineberger, R.D. (2005). The Influence of Gardening Activities on Consumer Perceptions of Life Satisfaction, *HortScience HortSci*. 40(5);1360-1365.

[35] Soga, Masashi, Kevin J. Gaston, Yuichi Yamaura. (2017) Gardening is beneficial for health: A meta-analysis. *Preventive Medicine Reports*. 5;92-99.

[36] Noone, S., & Jenkins, N. (2018) Digging for Dementia: Exploring the experience of community gardening from the perspectives of people with dementia. *Aging Ment Health*. 22(7):881-888.

[37] Sacks, O. (2020). *Everything in its place : first loves and last tales*. Vintage Canada.

[38] The People and Nature Survey for England: Monthly interim indicators for July 2020 (Experimental Statistics). (n.d.). Natural England. GOV.UK. Disponible en linea: https://www.gov.uk/government/statistics/the-people-and-nature-survey-for-england-monthly-interim-indicators-for-july-2020-experimental-statistics/the-people-and-nature-survey-for-england-monthly-interim-indicators-for-july-2020-experimental-statistics#contents (28/02/2022)

[39] Active Lives Adult Survey. May 2020/21 Report. Disponible en línea: https://www.sportengland.org/news/sport-and-physical-activity-must-be-used-level-and-tackle-inequalities (15/03/2022)

[40] Total spending by local authorities rose sharply in 2020/21 due to Covid-19. Social care 360: Expenditure. Disponible en línea: https://www.kingsfund.org.uk/publications/social-care-360/expenditure (15/03/2022)

[41] Lee, M., Lee, H., Kim, Y., Kim, J., Cho, M., Jang, J., & Jang, H. (2018). Mobile App-Based Health Promotion Programs: A Systematic Review of the Literature. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(12),2838.

[42] Lee, M., Lee, H., Kim, Y., Kim, J., Cho, M., Jang, J., & Jang, H. (2018). Mobile App-Based Health Promotion Programs: A Systematic Review of the Literature. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(12),2838.

[43] Carballo-Rolph, A. The Importance of Staying Connected. *FitQuid Blog*. Disponible en línea - https://www.fitquid.co.uk/the-importance-of-staying-connected/ (15/03/2022)

[44] Krell-Roesch, J., Syrjanen, J. A., Vassilaki, M., Machulda, M. M., Mielke, M. M., Knopman, D. S., Kremers, W. K., Petersen, R. C., & Geda, Y. E. (2019). Quantity and quality of mental activities and the risk of incident mild cognitive impairment. *Neurology*, 93(6), e548–e558

Estudio de la posible influencia de las variables meteorológicas sobre la concentración del polen de varios tipos polínicos arbóreos

Javier Chico-Fernández[1], Esperanza Ayuga-Téllez[2]

[1] Ingeniero de Montes, Universidad Politécnica de Madrid; jachifer@hotmail.com

[2] Profesora Titular de Universidad, Universidad Politécnica de Madrid; esperanza.ayuga@upm.es

Resumen: La polinosis es una patología de origen aerobiológico que afecta cada año a cada vez mayor número de personas. Los efectos positivos para la salud de los ciudadanos, derivados de la presencia del arbolado urbano son ya incuestionables, merced a innumerables estudios que así lo avalan. Pero también se ha constatado la existencia de efectos perjudiciales para la salud, debidos a la sensibilización frente a la concentración de los granos de polen procedente de los, por lo demás, beneficiosos árboles, especialmente acusada en las épocas de polinización. Las variables meteorológicas pueden favorecer en algunos casos la exacerbación de esa sensibilidad, gracias a la estimulación de la concentración de los granos de polen. Además, el cambio climático favorece el aumento de la radiación ultravioleta, y variaciones de la temperatura y de la humedad atmosférica, que a su vez puede provocar un aumento de esa estimulación, con consecuencias negativas para la salud de los ciudadanos. Realizar una aproximación de las interacciones posibles entre los parámetros meteorológicos y el comportamiento de los granos de polen frente a dichos factores puede ayudar a comprender las consecuencias que ello puede tener sobre la salud de la población, especialmente la urbana, sin olvidar las interacciones posibles entre las variables meteorológicas y los contaminantes atmosféricos. Este estudio trata de analizar la posible influencia, en la ciudad de Madrid, de 6 parámetros meteorológicos: humedad relativa, precipitación, temperatura, viento, radiación e insolación, en los granos de polen de 6 tipos polínicos arbóreos: *Cupressaceae, Olea, Platanus, Pinus, Ulmus y Populus*. Ello se realiza a partir de datos recabados en la Agencia Estatal de Meteorología y de la Red Palinológica de la Comunidad de Madrid. Los parámetros meteorológicos más correlacionados con los tipos polínicos son: la temperatura y la insolación, seguidas por la radiación y la humedad relativa. Se da en general un mayor número de correlaciones significativas de las variables meteorológicas con los tipos polínicos *Cupressaceae, Olea, Pinus* y *Platanus.* La radiación es el parámetro meteorológico con el que se dan los valores de ϱ más altos, especialmente con *Olea,* con el que se dan índices de ϱ>0,8, los más elevados de este estudio. El viento es la única variable con la que se dan correlaciones significativas todas ellas positivas con los tipos polínicos.

Palabras clave: arbolado urbano; polen**;** fenómenos atmosféricos; sanidad ambiental; interacción positiva y negativa, cambio climático.

1. Introducción

El término municipal de Madrid se extiende en una superficie de 60.577 ha, de las cuales 15.821 ha se hallan ocupadas por el Monte de El Pardo, el cual está situado al norte de dicho territorio, y constituye el más extenso de los pulmones de la ciudad, merced a la presencia de *Quercus ilex* en la mayor parte de su superficie, mayoritariamente presente en forma de dehesas. De hecho, representa uno de los mejores ejemplos de bosque mediterráneo, además de ser uno de los bosques europeos mejor conservados [1],[2].

Además, la capital de Madrid se halla densamente ocupada por la vegetación arbórea en forma de parques y jardines, que ocupan una superficie superior a las 6000 ha, parte de la cual está representada por los parques históricos y singulares, tales como los emblemáticos jardines de El Buen Retiro y los jardines de Sabatini, otra parte por los parques forestales, entre los que cabe destacar el de la Casa de

Campo, y, por último, por casi innumerables parques y jardines, repartidos por la geografía de su territorio [3].

De hecho, Madrid fue galardonada, junto a otras 58 ciudades del mundo, en febrero de 2020, como "Ciudad arbórea del mundo 2019" por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Fundación Arbor Day, en el marco del Programa "Ciudades arboladas del Mundo", que fomenta la existencia de ciudades más sostenibles y resilientes. Este título concedido a la ciudad de Madrid ha sido renovado por tercer año consecutivo, de forma que ya se puede hablar de "Ciudad arbórea del mundo 2021", gracias a haber cumplido el año pasado con el reto añadido de haber superado los daños provocados por la devastadora borrasca Filomena, los requisitos de una adecuada gestión forestal urbana, entre los que se encuentran las iniciativas dedicadas a la promoción y la concienciación ciudadana sobre la importancia del arbolado urbano [4,5].

Parece ya bastante evidente, a juzgar por numerosos estudios que así lo constatan, que la vida en las ciudades es de una calidad tanto mayor cuanto mayor, y mejor planificada, sea la presencia de los árboles. Los bienes que ofrece cada árbol son de un valor difícilmente cuantificable, desde los de carácter biofísico (efecto termoregulador, purificador de la atmósfera urbana,…), pasando por los de carácter social, menos tangibles, pero igualmente importantes (mejora de la salud física y psicológica, prevención del estrés, de la ansiedad y del síndrome de fatiga, reducción de la criminalidad,...) [6, 7].

Una ciudad sostenible, por tanto, implica la existencia de arbolado en las calles, así como la existencia de zonas verdes, como las que se acaban de describir en la ciudad de Madrid. Además, la presencia de los mismos implica unos beneficios para los residentes y visitantes, en cuanto a la mejora de la calidad de vida que se manifiesta por ejemplo en el fomento de las relaciones sociales y la creación de ambientes más favorables para el desarrollo de las actividades cotidianas y laborales. Por añadidura, suponen unos beneficios económicos a medio y largo plazo, debido a la reducción de la morbilidad por infecciones respiratorias y asma y, consecuentemente, de los ingresos hospitalarios. Por último, además, la presencia de los árboles en las ciudades propicia la posibilidad de la obtención de la "marca de espacio verde" (*green space branding*), que supone a su vez un beneficio económico derivado de la mejora del turismo y de las inversiones en las ciudades, consideradas, así como sostenibles [8, 9, 10].

Es cierto que, además el polen supone un problema creciente para la salud, que aqueja a cada vez mayor número de personas. Así, la prevalencia de asma y de rinitis alérgica ha ido aumentando severamente en los últimos años en Japón, Europa y en Norteamérica. Por otra parte, cada vez hay más estudios que confirman que la contaminación atmosférica parece tener un importante papel en el aumento de las polinosis [11].

Los parámetros meteorológicos actúan de forma sinérgica sobre los granos de polen (así como sobre todo tipo de partículas aerobiológicas y contaminantes) que se hallan en la atmósfera. De hecho, dichos parámetros influyen fuertemente - de formas muy variadas y a diferentes escalas de tiempo - sobre su presencia y su concentración en la misma. Ello ocurre tanto en las etapas previas a la floración, como en la propia floración, en las etapas de emisión, transporte, dispersión y/o deposición [12].

Así, la temperatura, junto con la radiación solar son las variables meteorológicas que provocan el inicio de la floración de las especies termófilas. Dicha floración sucede merced a la superación de un cierto umbral térmico que desencadena en las plantas el proceso reproductivo. Además, la acumulación de horas de sol (insolación) regula la formación de las flores, gracias a la liberación de las hormonas del crecimiento necesarias para ello, y provoca la dehiscencia de las anteras de las flores ya formadas [13,14,15,12].

Pero además las precipitaciones influyen también en el inicio de la floración y en el proceso de emisión del polen, entre otros. La falta de lluvia puede provocar estrés hídrico en las plantas, por déficit de humedad edáfica y una alteración importante en la floración. Mientras que la presencia de humedad ambiental también favorece el desarrollo de las plantas y consecuentemente también de la floración, aunque puede ser también un obstáculo para la liberación del polen si sus índices son demasiado elevados [16,17,18,12].

El viento generalmente actúa como favorecedor del transporte de los granos de polen, si su intensidad se encuentra dentro de ciertos límites [19,20,12]. La radiación solar en general, con su acumulación

en el tiempo, actúa, al igual que la insolación, como activador de la actividad biológica y como agente favorecedor del aumento de la concentración polínica en la atmósfera. Sin embargo, la radiación ultravioleta puede conducir a una modificación por estrés de la fisiología vegetal y, junto a un aumento excesivo de la temperatura y a una variación en la humedad en el tiempo y en el espacio, pueden provocar una producción excesiva de granos de polen y conducir a un aumento consecuentemente de su alergenicidad, con consecuencias negativas para la salud de los ciudadanos [21,22,23,24].

El objetivo de este estudio es tratar de establecer el grado de influencia de las variables climáticas sobre la concentración de los granos de polen, y, por tanto, sobre su alergenicidad en la población de Madrid, especialmente la más sensibilizada a dicho aeroalérgeno.

2. Materiales

Los años de este estudio se centran en 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017. Con el fin de poder llevarlo a cabo, se han recabado datos de polen, procedentes de la Red Palinocam de la Consejería de Sanidad, de la Comunidad de Madrid, además de los datos climáticos, cedidos por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

Los dos tipos de datos mencionados se han obtenido a partir de las mediciones realizadas por estaciones de muestreo, cuya designación se refleja en la tabla 1.

Tabla 1. Denominación de las estaciones de la Red Palinocam y de las estaciones de AEMET. En la columna de la derecha, distancias aproximadas entre las estaciones respectivas, medidas con Google Earth.

Estaciones Red Palinocam	Estaciones AEMET	Distancia entre estaciones (m)
Madrid: Ayuntamiento	Retiro	1780
Madrid: Facultad de Farmacia	Ciudad Universitaria	755
Madrid: Ayuntamiento	Cuatro Vientos	8285

Como puede observarse, se han seleccionado 3 estaciones de AEMET (Figura 1). Ello es debido a que los datos climáticos de la capital de Madrid, que se han necesitado en este estudio, no son todos ellos registrados en la estación de Retiro (la inicialmente seleccionada, debido a su ubicación más céntrica dentro del territorio de la capital de Madrid), y se ha tenido que recurrir a la información cedida, procedente de las otras 2 estaciones reflejadas en la tabla 1. Así, los datos de radiación no se encuentran disponibles en la estación de Retiro y sí en la de Ciudad Universitaria. Lo mismo ocurre con los datos de insolación, que se han obtenido a partir de la estación de Cuatro Vientos.

Por otra parte, se han seleccionado las estaciones de la Red Palinocam más cercanas a las primeras, con el fin de obtener resultados de correlación lo más precisos posible, entre ambos tipos de variables (Figura 1). De hecho, como se puede comprobar, la estación de polen más cercana a Cuatro Vientos, Madrid Ayuntamiento, se halla a 8285 m. La mayor cercanía entre ambos tipos de estaciones se ve representada por los 755 m que existen entre la estación de AEMET Ciudad Universitaria y la de la Red Palinocam, Madrid Facultad de Farmacia (Tabla 1).

La región en la que se ubica el territorio de estudio, la Comunidad de Madrid, presenta un clima fuertemente continental, debido a su situación geográfica, el centro de la Península Ibérica, y a la existencia de una variada orografía. Los climas más cálidos y secos se dan en las zonas de menor altitud, en el sur de la región, mientras que los más fríos y húmedos tienen lugar en las comarcas con una orografía más accidentada, en la la sierra madrileña. La temperatura experimenta una variación en dirección noroeste-sureste [25].

Dentro de la clasificación climática de Köppen-Geiger en la Península Ibérica e Islas Baleares, la Comunidad de Madrid presenta una clasificación tipo C, que corresponde a Climas Templados, en los que la temperatura media del mes más frío está comprendida entre -3ºC y 18ºC, y la temperatura media del mes más cálido es mayor a 10ºC. En cuanto al territorio del término municipal de Madrid, este presenta un clima tipo Csa, que se caracteriza por ser templado, con veranos marcadamente secos y calurosos e

inviernos fríos, y con precipitaciones escasas en invierno pero abundantes normalmente en otoño y primavera, si bien con grandes fluctuaciones interanuales, lo cual conlleva variaciones en las concentraciones de polen en la atmósfera. Este subtipo climático es el que presenta la mayor parte de la geografía de la región madrileña, pero especialmente la zona centro, donde se ubica la ciudad de Madrid [25, 26].

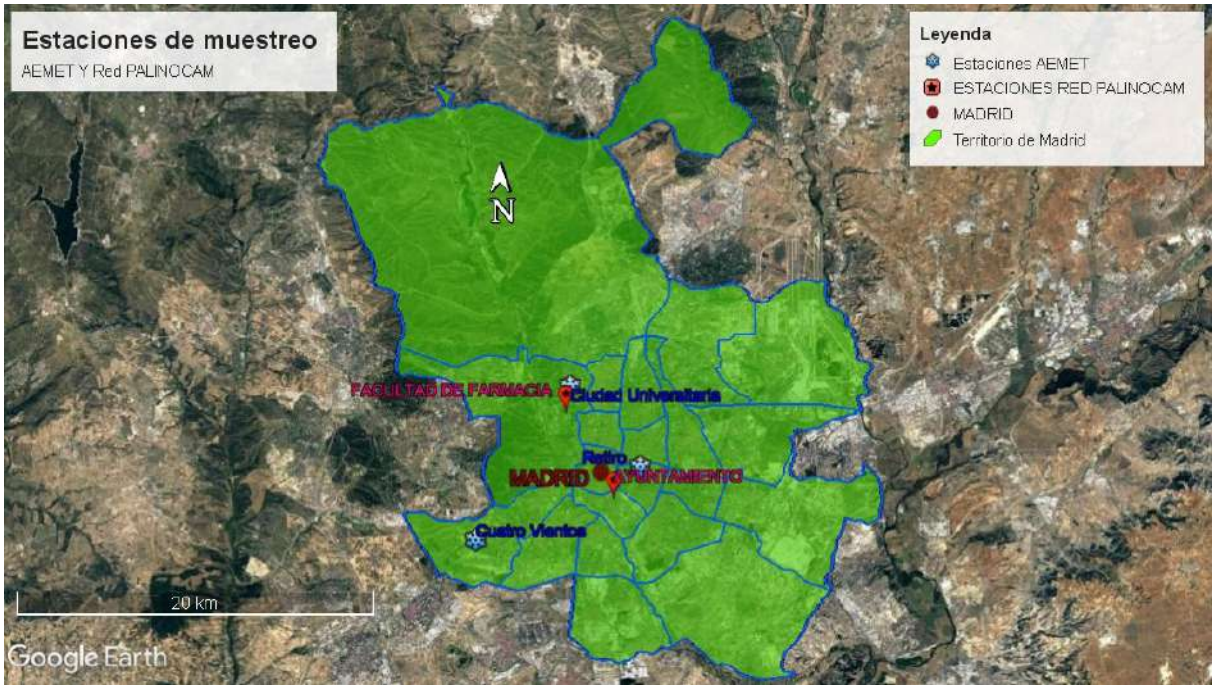


Figura 1. Territorio del término municipal de Madrid, con las 3 estaciones de AEMET y las 2 de la Red Palinocam, que han proporcionado los datos necesarios para este estudio (Mapa elaborado con Google Earth Pro).

Además de esto, el clima se ve modificado por el efecto isla de calor en el área urbana de Madrid. Es decir, que la energía calorífica generada y desprendida por la actividad urbana provoca un aumento en los valores térmicos medios, cuyas consecuencias se manifiestan en forma de un aumento de las temperaturas nocturnas. Además, la humedad absoluta del aire es menor que la que correspondería a una zona no urbana situada en la misma situación geográfica, debido a la escasa evaporación procedente del suelo y consecuencia también de una menor presencia de vegetación [25].

A continuación, se pasa a describir con detalle los dos grupos de datos, que constituyen la base de este estudio.

2.1. Datos de polen:

Los datos de polen proceden de 2 de las 3 estaciones de muestreo (las incluidas en la tabla 1), presentes en el término municipal de Madrid, y del total de 11 de que dispone la Red Palinocam en la Comunidad de Madrid.

La elección de los 6 tipos polínicos se ha realizado con el criterio de que correspondieran a taxones fundamentalmente arbóreos, con una representación muy significativa en los parques, jardines y calles de la ciudad de Madrid. Además, se han seleccionado varios tipos polínicos que produjeran polinosis en mayor y en menor grado.

El polen de *Cupressaceae* es el más abundante en los meses de invierno, y casi el único polen alergénico con una incidencia atmosférica alta en esta época del año. La estación polínica de *Cupressaceae* es interanual, ya que comienza normalmente en el mes de noviembre y se prolonga hasta finales de marzo o comienzos de abril. Tal vez sea *Cupressus arizonica* la principal fuente generadora de polen, dada su gran abundancia, además de coincidir su época de floración con la de mayor incidencia. En el caso de *Platanus*, su período de polinización es francamente corto, ya que comienza normalmente en la segunda quincena de marzo y se prolonga tan solo de 2 a 4 semanas. Sin embargo, su capacidad alergénica es

calificada de moderada. Es el que alcanza mayores concentraciones dentro de la Red Palinocam y del propio municipio de Madrid [27].

Madrid es una de las ciudades españolas con mayor incidencia atmosférica de polen de *Platanus*, como muestra el estudio realizado en 14 ciudades españolas con características biogeográficas y climáticas distintas [28]. De hecho, según dicho estudio, Madrid registró las concentraciones medias más elevadas (con valores de 377-896 g/m^3), del total de ciudades estudiadas, durante el Período de Polinización Principal (PPP), período en el que se recoge el 90% del total de polen anual, desechando el 5% inicial y final.

La presencia de ejemplares de la familia *Cupressaceae* y del género *Platanus* en los parques, jardines y calles de la ciudad de Madrid es ciertamente muy significativa.

El polen de *Olea* es el que muestra una mayor alergenicidad. De hecho, es considerado como una de las principales causas de polinosis, de acuerdo con el análisis que se realizó en 12 ciudades españolas, entre ellas la de Madrid, según el cual el polen de *Olea* fue la causa más frecuente de PCP (pruebas cutáneas positivas) entre los pacientes con polinosis [29]. Y también, según el mismo estudio, fue la segunda causa más importante de rinitis y/o asma de origen polínico en España, si bien, muy por debajo en importancia con respecto al polen de *Gramineae*. Su período de polinización comienza habitualmente en el mes de abril y se extiende hasta el mes de junio [27].

El polen de *Pinus* se considera de baja capacidad alergénica. Permanece en la atmósfera de la Comunidad de Madrid normalmente desde el mes de marzo hasta el mes de julio. El polen de *Populus*, de muy baja capacidad alergénica, comienza a concentrarse en dicha atmósfera desde el mes de febrero hasta el mes de marzo, mientras que el de *Ulmus*, considerado de baja capaciada alergénica, tiene un período de polinización que se extiende desde enero hasta marzo [27].

2.2. Datos de variables meteorológicas:

La temperatura influye directamente en todas las fenofases de las plantas, de forma que puede acelerar o retardar la formación de las yemas florales, la antesis, la emisión y la dispersión del polen [30, 12]. Además, junto con la radiación solar, son ambas las variables meteorológicas que inducen el inicio de la floración en las especies termófilas, las cuales florecen cuando han recibido una cierta cantidad de calor acumulado a partir de un determinado umbral y de un determinado momento. Dicho umbral de temperatura, a partir del cual la planta comienza a acumular el calor necesario para que se produzca la floración, depende de la ubicación geográfica donde se desarrolle y de sus condiciones ambientales [13, 14, 15, 12].

Por otra parte, la dehiscencia de las anteras de cada planta se produce tras superar un umbral específico de temperatura. Además, la antesis y la emisión de polen suelen darse en las horas centrales del día, cuando las temperaturas son más elevadas y un descenso brusco de temperatura puede retrasar la dehiscencia o impedir la emisión. Asimismo, la convección atmosférica, provocada por las temperaturas máximas durante el día, favorecen el transporte vertical de los granos de polen y su permanencia en la atmósfera [31, 12].

En cuanto a las precipitaciones, estas también influyen en el inicio de la floración. Así, pueden actuar arrastrando y provocando la sedimentación de los granos de polen en suspensión. Además, la mayor o menor influencia de este parámetro en los fenómenos aerobiológicos dependerá del momento en que cada planta se encuentre dentro de la fase fenológica, del momento del día en que ocurran y de la intensidad, entre otros factores. Por otra parte, la escasez de humedad edáfica, provocada por la falta de precipitaciones puede ocasionar estrés hídrico en las plantas. Así, cada especie vegetal tiene unas necesidades mínimas de precipitación para poder iniciar su ciclo de crecimiento anual. Además, la evaporación puede provocar en las plantas los mismos efectos que los periodos de sequía [16, 17, 18, 12]. Durante la lluvia se produce la ruptura del polen debido a un choque, o estrés osmótico, que además puede provocar un fuerte brote de asma en pacientes afectados por polinosis. Además, se pueden registrar picos de concentraciones elevadas de polen, así como de otras partículas aerobiológicas al comienzo de las lluvias abundantes y en condiciones de elevada humedad atmosférica [23].

La insolación, u horas de sol, está relacionada a su vez con la temperatura y los fotoperiodos. El aumento de la insolación activa las hormonas del crecimiento (giberelinas y citoquininas) que regulan la formación de las flores. Una vez iniciada la floración, el aumento en el número de horas de sol diarias provoca un incremento de la concentración polínica, ya que se produce una deshidratación de las paredes de las anteras, facilitando la dehiscencia y como consecuencia la liberación de polen [20, 32, 12].

En cuanto a la humedad relativa, esta favorece el desarrollo de la planta y facilita la floración, pero un incremento por encima de un umbral específico impide la dehiscencia de las anteras y disminuye los niveles de polen en la atmósfera [33, 12].

El viento es responsable del éxito en la dispersión y transporte de los granos de polen de las plantas anemófilas. En general y dentro de ciertos límites, las concentraciones de polen ascienden cuando aumenta la velocidad del viento y disminuyen si se reduce. Además, el viento también puede favorecer la reflotación del polen ya sedimentado [19, 20, 12].

La radiación solar que las plantas reciben, acumulada en el tiempo, provoca también la estimulación de la actividad biológica, y, junto a la insolación, ambas variables meteorológicas suponen un incremento en los valores de concentración de polen en la atmósfera, incluso más allá en el tiempo del pico de emisión del polen [22, 21].

Las plantas son capaces de aprovechar la radiación difusa, dentro del espectro visible de la luz (lo que puede denominarse radiación fotosintética), que invierten en forma de un potencial más elevado de crecimiento productivo y de emisión de bioaerosoles. De hecho, la división en sus componentes de la radiación global sirve de base para la predicción de la productividad fotosintética del dosel vegetal, entre otras muchas disciplinas [21].

Además, la radiación ultravioleta (UV), interviene como un factor de estrés climático que, junto con la sequía, la salinidad y las temperaturas extremas (aparte de los contaminantes atmosféricos), pueden conducir a las plantas a unos niveles más elevados de especies reactivas del oxígeno (ROS) y de especies reactivas de nitrógeno (RNS), que pueden conducir a una modificación química de las proteínas de las plantas, incluyendo a los alergenos de polen [23].

De hecho, el cambio climático es el responsable del aumento de este tipo de radiación (UV), además de la inducción de cambios en el espacio y en el tiempo de la temperatura y de la humedad, que derivan en una alteración en los modelos de vegetación (cobertura vegetal) y en la fisiología de las plantas (entre otros en los períodos de polinización y modificaciones químicas de las proteínas de las plantas). El cambio climático parece tener un efecto sobre la alergenicidad del polen; así, un aumento de la temperatura puede provocar una más alta concentración del polen en la atmósfera. El ambiente urbano es particularmente sensible al calentamiento global, debido al prolijo sellado del suelo, que causa sequía edáfica, de forma particular en el área mediterránea [23, 24].

Dentro de cada una de las variables meteorológicas que se han elegido para realizar este estudio (humedad relativa, precipitación, temperatura, viento, radiación e insolación) se han seleccionado varios subtipos, que proporciona la AEMET, con el fin de facilitar una información más precisa acerca de las posibles interacciones con la concentración de los granos de polen en la atmósfera de Madrid. A continuación, se detallan las mismas:

1. Humedad relativa: humedad media mensual (HMed); media mensual de la humedad máxima diaria (HMax) y media mensual de la humedad mínima diaria (HMin).
2. Precipitación: precipitación total mensual (PT) y precipitación máxima diaria mensual (PMax).
3. Temperatura: media mensual de la temperatura máxima diaria (TMax); media mensual de la temperatura mínima diaria (TMin) y temperatura media mensual (TMed).
4. Viento: velocidad de la racha máxima mensual (VMax) y número de días con velocidad del viento ≥ 36 km/h (V36).
5. Radiación: media mensual de la radiación difusa diaria (RD); media mensual de la radiación global diaria (RG) y media mensual de la radiación ultravioleta diaria (RUV).
6. Insolación: insolación total mensual (IT) e insolación media diaria (IMed).

3. Métodos

La información facilitada de la variable "concentración de granos de polen" corresponden a datos diarios. Lo mismo ocurre para casi todas las variables meteorológicas. A partir de los datos diarios se han calculado las medias mensuales, para cada estación de medición, así como para cada uno de los años de estudio. La excepción reside en las subvariables: "Número de días con velocidad del viento ≥ 36 km/h" e "Insolación media diaria".

Finalmente se ha hecho uso de la herramienta de análisis de datos Statgraphics Centurion 18, con el fin de calcular el grado de correlación entre ambas variables. Para ello, se ha realizado un análisis multivariable, con el cálculo del coeficiente de correlación lineal de Spearman, de cada una de las 6 variables, correspondientes a los tipos polínicos, con cada una de las 15 subvariables climáticas de estudio. Se ha utilizado un coeficiente de correlación por rangos, debido a que las concentraciones de polen no presentan distribución Normal.

3. Resultados y discusión:

Los valores medios obtenidos de cada tipo de polen, en el seno de la Comunidad de Madrid (con datos recogidos en el conjunto de las 11 estaciones de la Red Palinocam) así como su variabilidad en torno a esos valores medios, el porcentaje de representación de los tipos polínicos con respecto al total de polen recogido en todas las estaciones de la citada Red, y la comparación del período de estudio con el período 1994-1999 pueden verse en otro estudio de correlación realizado con contaminantes atmosféricos [34]. Los resultados obtenidos en el mismo permiten observar una variación similar de los datos relativos a los distintos tipos polínicos, en ambos períodos. Y además podía apreciarse la existencia de índices máximos durante el año, de concentración de polen en la atmósfera, que coinciden con las épocas de polinización, en contraste con los valores, que llegan a ser nulos o casi nulos, durante buena parte del resto del año [34].

En la tabla 2 se pueden observar los valores medios, de la desviación típica y del coeficiente de variación relativos a los datos de los 6 tipos polínicos de estudio obtenidos en la estación de Ayuntamiento y de Facultad de Farmacia. Puede observarse una similitud en los resultados en ambas estaciones en relación con *Olea* (con valores medios cercanos a 10 g/m^3 en ambos casos). También son similares los valores de las medidas de dispersión, por ejemplo, con valores del coeficiente de variación casi iguales (277,443% y 276,805%, respectivamente). El resto de los tipos polínicos registran unos valores sensiblemente diferentes en ambas estaciones.

Tabla 2. Valores de la media, desviación típica (en granos de polen por metro cúbico de aire, g/m^3), y coeficiente de variación (en tanto por ciento), obtenidos para los 6 tipos polínicos de estudio en las 2 estaciones de la Red Palinocam ya reflejadas en la tabla 1 y descritas en el apartado anterior:

	Estación de Ayuntamiento			Estación Facultad de Farmacia Uni-		
Tipos polínicos	Media	Desviación típica	Coeficiente de variación (%)	Media	Desviación típica	Coeficiente de variación (%)
Cupressa-	37,6803	67,5828	179,359	47,794	88,480	185,13
Olea	10,665	29,589	277,443	9,467	26,206	276,805
Pinus	13,124	26,634	202,941	18,941	37,493	197,946
Platanus	63,553	187,774	295,462	95,264	283,958	298,074
Populus	5,578	16,168	289,831	18,333	58,994	321,793
Ulmus	11,444	37,291	325,870	3,790	10,701	282,320

Además, al igual que lo que ocurre en toda la Comunidad de Madrid [34], *Platanus* es el tipo polínico con una mayor presencia en la atmósfera en la ciudad de Madrid, con valores medios de 63,553 y 95,264 g/m^3, en las 2 estaciones referidas, respectivamente. También en este caso de la capital madrileña, es *Cupressaceae* el segundo tipo de polen con mayor concentración de polen y *Pinus* el tercero. El resto de los tipos polínicos muestran una representación menor, y además diferente en orden en función de la estación de medición considerada (Tabla 2).

De nuevo se repite también la enorme variación de los valores de las concentraciones de los granos de polen en torno a los valores medios, reflejados en la existencia de unos coeficientes de variación que van desde el 179,359% (en el caso de *Cupressaceae* en la estación de Ayuntamiento) hasta los 325,87% de *Ulmus* en la misma estación. Ello puede confirmar la apreciación de la existencia de unos valores máximos anuales de concentración polínica, que se dan durante un tiempo algo mayor al de la polinización (desde 1 mes en el caso de *Platanus*, hasta unos 5 meses en el caso de *Cupressaceae* y *Pinus*). Valores que llegan a descender duranre el resto del año, hasta llegar a ser casi nulos.

La tabla 3 refleja los valores medios y de las medidas de dispersión, propios de las variables meteorológicas. Como puede apreciarse, a juzgar por los valores de los coeficientes de variación, que son francamente menores que los registrados para los tipos polínicos, puede afirmarse que los parámetros meteorológicos presentan una mayor estabilidad dentro del período de estudio. Si bien, no dejan de ser significativos, por lo que sí se puede constatar una importante variabilidad a lo largo de dicho período. En general, la variable que experimenta una mayor estabilidad en sus valores es la humedad relativa (HMax, con un coeficiente de variación de 14,467%, es la que presenta una menor variación). También se observa que el viento, concretamente la velocidad de la racha máxima mensual (VMax), experimenta una estabilidad en sus valores, durante los años 2013-2017, superior a la de la mayoría de los parámetros meteorológicos. En el otro extremo se sitúa la precipitación, con valores francamente dispersos (con valores del coeficiente de variación de PT del 85,778%), que pueden reflejar el tipo de clima mediterráneo, propio de la capital madrileña, con veranos marcadamente secos y calurosos e inviernos fríos, y con precipitaciones escasas en invierno pero abundantes normalmente en otoño y primavera, si bien con grandes fluctuaciones interanuales, lo cual conlleva a su vez variaciones en las concentraciones de polen en la atmósfera, como ya se comentó.

Tabla 3 Valores de la media, desviación típica (en las unidades reflejadas en la propia tabla) obtenidos a partir de los datos procedentes de las 3 estaciones de la AEMET ya descritas en el apartado anterior y reflejadas en a tabla 1:

Variables meteorológicas	Media	Desviación típica	Coefic. de variac. (%)	Variables meteorológicas	Media	Desviación Típica	Coefic. de variac. (%)
HMed (%)	57,017	12,644	22,176	VMax (Km/h)	58,424	11,399	19,511
HMax (%)	76,271	11,034	14,467	V36 (d)	11,458	4,743	41,394
HMin(%)	42,881	11,428	26,649	RD (MJ/m^2)	5,194	1,660	31,967
PT (mm)	30,297	25,988	85,778	RG (MJ/m^2)	17,348	7,788	44,890
PMax (mm)	11,717	8,323	71,035	RUV (MJ/m^2)	26,436	16,733	63,298
TMax (ºC)	21,075	8,476	40,217	It(h)	250,941	79,735	31,774
TMin (ºC)	10,839	6,257	57,727	IMed(h)	8,225	2,562	31,144
TMed (ºC)	15,980	7,348	45,985				

La tabla 4 presenta los resultados del análisis del coeficiente de correlación por rango de Spearman (ϱ), dos a dos, de las variables que se analizan en el presente estudio, realizado con la herramienta Statgraphics. Los resultados de ϱ son más fuertes, más cercanos a "1" o a "-1", en el caso de *Olea* con RG y con RUV, con valores respectivos de 0,8132 y 0,8063, y, en ambos casos con un valor P de "0". Los resultados resaltados en color naranja corresponden a valores de correlación mayores de "0,3" y valores

P menores de 0,05, que indican correlaciones significativamente diferentes de "0", con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 4. Correlaciones entre las variables meteorológicas y la concentración de granos de polen de los 6 tipos polínicos arbóreos de estudio. (Sombreados en color naranja los resultados significativos)

Variables Meteorológicas	*Cupressaceae*	*Olea*	*Pinus*	*Platanus*	*Populus*	*Ulmus*
HMed (%)	0,5235	-0,6763	-0,5855	-0,4477	0,0719	0.2124
	(59)	(59)	(59)	(59)	(59)	(59)
	0,0001	0,0000	0,0000	0,0007	0,5841	0,1058
HMax (%)	0,5314	-0,6295	-0,5152	-0,3920	0,0935	0,2570
	(59)	(59)	(59)	(59)	(59)	(59)
	0,0001	0,0000	0,0001	0,0028	0,4762	0,0503
HMin(%)	0,5223	-0,6724	-0,5994	-0,4535	0,0541	0,2073
	(59)	(59)	(59)	(59)	(59)	(59)
	0,0001	0,0000	0,0000	0,0006	0,6804	0,1144
PT (mm)	0,2941	-0,3212	-0,2017	-0,0295	0,3607	0,2771
	(59)	(59)	(59)	(59)	(59)	(59)
	0,0251	0,0144	0,1244	0,8224	0,0060	0,0348
PMax (mm)	0,1431	-0,2933	-0,1982	0,0099	0,2697	0,1321
	(59)	(59)	(59)	(59)	(59)	(59)
	0,2758	0,0255	0,1312	0,9396	0,0400	0,3144
TMax (ºC)	-0,7042	0,6350	0,5509	0,3834	-0,2712	-0,4477
	(59)	(59)	(59)	(59)	(59)	(59)
	0,0000	0,0000	0,0000	0,0035	0,0389	0,0007
TMin (ºC)	-0,7323	0,5850	0,4769	0,2949	-0,3352	-0,4821
	(59)	(59)	(59)	(59)	(59)	(59)
	0,0000	0,0000	0,0003	0,0247	0,0107	0,0002
TMed (ºC)	-0,7239	0,6125	0,5150	0,3455	-0,2942	-0,4607
	(59)	(59)	(59)	(59)	(59)	(59)
	0,0000	0,0000	0,0001	0,0085	0,0251	0,0005
VMax (Km/h)	0,5806	-0,2645	-0,1794	-0,1031	0,3486	0,5309
	(59)	(59)	(59)	(59)	(59)	(59)
	0,0000	0,0439	0,1717	0,4324	0,0079	0,0001
V36 (d)	0,2724	0,2417	0,3400	0,3150	0,4083	0,5068
	(59)	(59)	(59)	(59)	(59)	(59)
	0,0381	0,0656	0,0096	0,0164	0,0019	0,0001
RD (MJ/m²)	-0,2101	0,6981	0,7295	0,7712	0,5371	0,1385
	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)
	0,1065	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2874

RG (MJ/m²)	-0,5145	0,8132	0,6565	0,6829	0,2142	-0,2175
	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)
	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0999	0,0947
RUV (MJ/m²)	-0,5338	0,8063	0,6377	0,6559	0,1924	-0,2329
	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)
	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1395	0,0736
It(h)	-0,5746	0,6976	0,6130	0,4773	-0,1646	-0,3414
	(59)	(59)	(59)	(59)	(59)	(59)
	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,2100	0,0093
IMed(h)	-0,5606	0,7142	0,6260	0,4763	-0,1427	-0,3131
	(59)	(59)	(59)	(59)	(59)	(59)
	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,2771	0,0171

ϱ: Correlación (Spearman)
(Tamaño de Muestra)
Valor-P (en rojo cuando P<0,05)

A la vista de los resultados, se puede observar que:

1. La proporción de correlaciones significativamente diferentes de "0", con respecto al total es de 64,44% (58 correlaciones significativas frente a un total de 90). Sin embargo, la proporción de estas, esta vez entre la concentración de granos de polen, de los mismos tipos polínicos que se estudian en este caso, y la de contaminantes atmosféricos, en el estudio realizado en la Comunidad de Madrid, es de 30,56% (11 correlaciones significativas frente a un total de 36) [34].
2. Se da en general un mayor número de correlaciones significativas de las variables meteorológicas con los tipos polínicos *Cupressaceae, Olea, Pinus* y *Platanus* (un 76,67%), que con los tipos *Populus* y *Ulmus* (un 40,00%). Además, con los 3 subtipos de la variable Humedad Relativa, no se da ni una sola con *Populus* y *Ulmus.* Y en el caso de la Radiación, sólo se da un caso de ϱ>0,3 (0,5371) y valor P<0,5 (0,000) en el caso de *Populus* con RD.
3. 7 de las 11 (63,64%) correlaciones significativas de las variables meteorológicas con el polen de *Cupressaceae* son negativas. Mientras que ello se da en 10 de las 35 (28,57%) totales con el polen de *Olea, Pinus* y *Platanus.* Curiosamente, en todos los casos en los que se dan correlaciones significativas negativas de los parámetros meteorológicos con *Cupressaceae*, ocurren las correlaciones positivas con los tipos *Olea, Pinus* y *Platanus*, y viceversa. Lo mismo ocure entre los tipos polínicos *Olea, Pinus* y *Platanus,* en casi todos los casos, salvo con las variables PT, V36 y RD, con los tipos *Populus* y/o *Ulmus*.
4. En los 3 subtipos de la variable humedad relativa, se dan valores de ϱ> 0,3 y valores P<0,5, con todos los tipos polínicos salvo con *Populus* y *Ulmus*. Cabe interpretar que, con *Cupressaceae*, a mayor humedad relativa, mayor concentración de polen. Al contrario de lo que ocurre con *Olea, Pinus* y *Platanus*, con los que se dan correlaciones negativas. De la variable precipitación (y sólo con PT), unicamente se dan correlaciones significativas con *Olea* y *Populus*, y estas se hallan entre las más débiles del total de las obtenidas en el estudio. Con *Olea* la correlación es negativa, por lo que se puede afirmar que, a mayor precipitación, menor concentración de polen; al contrario de lo que ocurre con el polen de *Populus.*
5. La variable temperatura (en sus 3 subtipos) es la que aporta más información, junto con la insolación, acerca de la posible interrelación con la concentración de los granos de polen, ya que todas las correlaciones que se dan son significativas, salvo en 3 de los casos. Con la temperatura se evidencia lo que antes se ha comentado, en cuanto a que el grupo de tipos polínicos *Olea, Pinus* y *Platanus* presentan correlaciones positivas (por lo que estos casos a mayor temperatura, mayor concentración de estos tipos de polen se dan en la atmósfera), mientras que, para el resto

de los tipos ocurre lo contrario. Con esta variable meteorológica las correlaciones más fuertes se dan con *Cupressaceae*, con valores de ϱ>0,7, que se encuentran entre los más altos de los obtenidos en este estudio. En cuanto al viento, todos los resultados de correlaciones significativas que se dan son positivos, por lo que se puede afirmar que a mayor velocidad del viento, mayor concentración de polen (VMax); y que con velocidades del viento superiores a 36 Km/h (V36), en general se da también una mayor concentración de polen en la atmósfera.

6. En cuanto a la radiación, es el parámetro meteorológico en el que se dan los valores de ϱ más elevados, especialmente con *Olea* sobre todo (en este caso es en el que se dan valores de ϱ>0,8 – los más elevados de este estudio-, concretamente con RG y con RUV) , y además con *Pinus* y *Platanus* (con valores de ϱ≥ 0,6377). Con estos 3 tipos mencionados se dan correlaciones positivas, al igual que con *Populus.* Puede afirmarse en estos casos que a mayor radiación difusa, mayor concentración de polen. Y con *Olea, Pinus* y *Platanus*, además, a mayor radiación global y ultravioleta, mayor presencia de los granos de polen en la atmósfera. Con *Cupressaceae* ocurre justamente lo contrario, haciendo gala de la regla que ya se comentó antes.
7. Por último, la insolación aporta también una importante información sobre su posible influencia en la presencia de los granos de polen en la atmósfera, de los tipos polínicos de estudio. Unicamente, no se han obtenido correlaciones significativas con *Populus.* Con *Olea, Pinus* y *Platanus*, los resultados son positivos, por lo que cabe afirmar que, a mayor cantidad de horas de exposición solar, mayor cantidad de polen es expulsada de las anteras de las flores de estos tipos polínicos. Sin embargo, ocurre lo contrario con *Cupressaceae* y *Ulmus.*

4. Debate

Se puede señalar que la variabilidad durante el año de las concentraciones de polen en la atmósfera de los 6 tipos polínicos de estudio es muy elevada. Ello puede deberse a la existencia de unos índices máximos, durante la época de polinización, que son de 1 mes en el caso de *Platanus*, y que llegan a ser de unos 5 meses en el caso de *Cupressaceae* y *Pinus.* Fuera de estos períodos, las concentraciones descienden hasta llegar a ser nulas o casi nulas durante el resto de los meses del año [34].

Con el fin de precisar las posibles interrelaciones entre los dos tipos de variables de estudio, sería muy interesante realizar las correlaciones entre ambas dentro de los períodos de polinización principal (PPP) para cada uno de los tipos polínicos. De esta forma podrían obtenerse resultados más precisos, ya que no se tendrían en cuenta los períodos dentro de los años en los que apenas hay granos de polen presentes en la atmósfera.

Además, dada la variabilidad interanual de los parámetros meteorológicos (Tabla 3), especialmente en cuanto a la precipitación (que muestra no solo una volatilidad en cuanto a la cantidad sino también en cuanto al período de ocurrencia, lo cual representa un indicador de los efectos que produce el cambio climático en la región mediterránea), acreditada en otros estudios [21, 35], sería muy deseable realizar un análisis pormenorizado por años, con el fin de poder extraer conclusiones más precisas sobre la posible interrelación entre los dos tipos de variables.

En varios estudios se ha señalado la posible influencia que pueden tener los parámetros meteorológicos, en cuanto a la alteración de la estacionalidad del polen, así como en cuanto a su concentración, lo que además puede conllevar una influencia en la aparición de rinitis alérgica inducida por el polen, así como de otras patologías relacionadas con la polinosis.

Así, uno de esos estudios ha podido comprobar que los períodos de floración y de polinización dependen de las condiciones climáticas, y que estas influyen sobre las concentraciones de polen en la atmósfera y sobre la duración de dichos períodos [36]. Además, los llamados factores de riesgo meteorológico pueden propiciar un impacto específico sobre la exposición y la naturaleza de la polinosis. En estos casos puede darse una correlación significativa y positiva con la temperatura (al igual que lo que ocurre con *Olea, Pinus* y *Platanus* en este estudio, y al contrario de lo que ocurre con el resto de los tipos polínicos) y la precipitación (como en el caso de *Olea)*, así como negativa con la velocidad del viento (al contrario de lo que se da en este estudio) [37]. Desde el punto de vista de la salud de la población, se

puede considerar que las correlaciones positivas están indicando factores de riesgo meteorológicos, ya que favorecen el aumento de la concentración del polen, lo cual puede conllevar un aumento de los casos de polinosis y de las exacerbaciones de los casos ya instaurados. Por el contrario, las correlaciones negativas pueden estar indicando la existencia de factores meteorológicos que pueden calificarse como protectores [37].

En un estudio realizado en la ciudad de Granada, y que utilizó también un análisis de correlación por rangos, y además coincidente en cuanto a los tipos polínicos seleccionados con los de este estudio (salvo que no incluye *Ulmus* y sí *Poaceae, Quercus* y *Urticaceae*), se afirma que las variables meteorológicas que más influyen, en general, en la concentración del polen de esos tipos son la temperatura máxima diaria, la humedad relativa, la radiación global y la insolación, aunque con diferentes efectos sobre los distintos tipos de polen. Concretamente, las más correlacionadas con los tipos polínicos en ese estudio fueron la media diaria de la humedad relativa, la precipitación y la temperatura mínima diaria, junto con la presión de vapor [21].

En el caso del presente estudio, se ha podido comprobar que son la temperatura y la insolación, seguidas por la radiación y la humedad relativa - en los 4 casos en todas sus subvariables - (tabla 4). La precipitación, en la ciudad de Granada, obtuvo resultados de signo negativo con todos los tipos polínicos [21] (lo mismo que ocurre, con la subvariable PT, con *Olea* en este estudio, pero al contrario de lo que ocurre con *Populus*, con la que se da una correlación positiva, como se vio). Un valor negativo de ϱ puede asociarse al efecto de lavado por arrastre, que la lluvia produce de las partículas aerobiológicas [38, 21]. La humedad relativa, en Granada, también dio correlaciones negativas en todos los casos, salvo con *Cupressaceae* y *Urticaceae* (hay una coincidencia en estos resultados con los obtenidos en este estudio), [21]. Es habitual que se den correlaciones significativas negativas de la humedad relativa, con la mayor parte de los tipos de polen, como así ocurre con otras zonas de Europa con clima continental templado [39, 40, 21]. Por otra parte, los cambios bruscos en los índices de humedad relativa pueden provocar la rotura de los granos de polen, así como la liberación de partículas submicrónicas, que pueden afectar más fácilmente a las vías respiratorias bajas con un efecto más negativo para la salud de los pacientes afectados por polinosis.

Además, en el estudio realizado en la ciudad de Granada, fue el tipo polínico *Cupressaceae* el más fuertemente correlacionado con las variables meteorológicas, concretamente con la temperatura mínima y máxima diaria, así como con la insolación global [21]. Mientras que, en el caso de este estudio, hay una coincidencia en los resultados comentados de la ciudad de Granada, en cuanto a Tmax y TMin, ya que dentro de las subvariables térmicas es *Cupressaceae* el tipo polínico (entre los 6 estudiados) que alcanza las mayores correlaciones, si bien estas negativas, seguidos por los de *Olea*. Es *Olea* también el que se correlaciona más fuertemente con la radiación global (RG), de hecho, de forma que alcanza el valor más alto de ϱ (0,8132) de todo el estudio (tabla 2). El valor de TMin tiene una especial importancia en cuanto a que sus variaciones llegan a provocar el inicio del período vegetativo, tras el parón provocado por la época otoñal de las especies vegetales caducifolias, al llegar al umbral de temperatura necesario para ello y así poder reanudar el período reproductivo [21].

La radiación solar que las plantas reciben, acumulada en el tiempo, provoca también, como ya se dijo, la estimulación de la actividad biológica, y, junto a la insolación, ambas variables meteorológicas suponen un incremento en los valores de concentración de polen en la atmósfera, incluso más allá en el tiempo del pico de emisión del polen [22, 21]. Así, en el presente estudio, como ya se ha comentado (tabla 4), se dan correlaciones significativas, fundamentalmente positivas (salvo en el caso de *Cupressaceae,* en el caso de la radiación, y de *Ulmus,* en el caso de la insolación).

En un estudio realizado en Valladolid se ha observado una relación positiva entre la radiación global y la concentración de polen de *Platanus* en los 3 años de ese estudio (2009-2011) [12]. Ello coincide con el resultado del presente estudio (tabla 4), en el que se alcanza un valor de ϱ de 0,6829, con un valor P de "0".

En otro estudio, esta vez realizado sólo con el alérgeno mayor del polen de *Phleum pratense* (Phl p5), este alergeno se asoció positivamente con la temperatura del aire, así como negativamente con la precipitación y la humedad relativa del aire [34]. Ese resultado coincide curiosamente con el obtenido en este

estudio con el polen de *Olea* -aparte con *Pinus* y *Platanus*- (tabla 2), con el que el polen de gramíneas presenta una cierta reactividad cruzada, concretamente del alérgeno Ole e 1 con *Lolium* (Lol p 11) y con *Phleum pratense* (Phl p11) [26]. Muchos pacientes afectados de polinosis provocada por el polen de gramíneas presentan sensibilización al polen de *Olea* [41].

5. Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos y el contraste que se puede establecer entre los mismos y la aportación de resultados de otros estudios, reflejados en el apartado anterior, se puede decir que:

- La duración de los períodos de floración y de polinización, así como las concentraciones de polen en la atmósfera dependen de la acción de los parámetros meteorológicos, los cuales a su vez presentan variaciones en el tiempo y en el espacio.
- Las correlaciones significativas positivas entre la concentración de los granos de polen y las variables meteorológicas permiten considerar a estas últimas como factores de riesgo meteorológico desde el punto de vista de la salud de los ciudadanos, ya que un aumento en los valores de las variables meteorológicas puede conllevar una disminución de la concentración de los granos de polen en la atmósfera y una consecuente mayor probabilidad de un creciente número de casos de polinosis.
- Las variables meteorológicas más fuertemente correlacionadas con la concentración de los granos de polen de los 6 tipos polínicos de estudio son la temperatura y la insolación, seguidas por la radiación y la humedad relativa (en los 4 casos en todas sus subvariables).
- Los dos tipos de variables de este estudio presentan significativas variaciones, reflejas en los coeficientes de variación obtenidos para ambas (Tablas 2 y 3), dentro de los años de estudio. Si bien son mucho más notorias en el caso de las concentraciones polínicas en la atmósfera. Todo ello sugiere el interés de un estudio que se realice por años y que además se centre de forma especial en los períodos de polinización principal (PPP), con el fin de obtener resultados de interrelación más precisos.
- Las variables meteorológicas más fuertemente correlacionadas con los tipos polínicos son la temperatura y la insolación, seguidas por la radiación y la humedad relativa, en los 4 casos en todas sus subvariables.
- Se da en general un mayor número de correlaciones significativas de las variables meteorológicas con los tipos polínicos *Cupressaceae, Olea, Pinus* y *Platanus.* La radiación es el parámetro meteorológico con el que se dan los valores de ϱ más elevados, especialmente con *Olea,* con el que se dan valores de ϱ>0,8, los más elevados de este estudio (Tabla 4).
- La única variable meteorológica que presenta correlaciones significativas, siendo positivas todas ellas, con los tipos polínicos (con todos salvo con *Olea*, con la que no se da ninguna correlación significativa en este caso) es el viento. Por lo que se puede afirmar que, a mayor velocidad del viento, mayor concentración de polen (VMax); y que con velocidades del viento superiores a 36 Km/h (V36), en general se da también una mayor concentración de polen en la atmósfera.

Financiación: Esta investigación no recibió financiación externa.

Reconocimientos: Nuestro agradecimiento a la Red Palinológica de la Comunidad de Madrid, así como a la Agencia Estatal de Meteorología, por la cesión de los datos imprescindibles para la realización de este estudio.

Referencias

1. Monte de El Pardo. Patrimonio nacional. https://www.patrimonionacional.es/visita/monte-de-el-pardo (a la que se accede el 1 de abril de 2022).
2. El Pardo. https://elpardo.es/monte-de-el-pardo (a la que se accede el 5 de abril de 2022).

3. Parques en Madrid. Ayuntamiento de Madrid. https://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/El-Ayuntamiento/Parques-y-jardines/Patrimonio-Verde/Parques-en-Madrid/?vgnextfmt=default&vgnextchannel=38bb1914e7d4e210VgnVCM1000000b205a0aRCRD (a la que se accede el 6 de abril de 2022).
4. Madrid, reconocida "Ciudad arbórea del mundo 2019" por la FAO y la Fundación Arbor Day. https://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Medio-ambiente/Parques-y-jardines/Madrid-reconocida-Ciudad-arborea-del-mundo-2019-por-la-FAO-y-la-Fundacion-Arbor-Day/?vgnextfmt=default&vgnextoid=3cdf84fec1732710VgnVCM2000001f4a900aRCRD&vgnextchannel=2ba279ed268fe410VgnVCM1000000b205a0aRCRD (a la que se accede el 6 de abril de 2022).
5. Madrid revalida la distinción de "Ciudad arbórea del mundo". https://www.madridactual.es/7827909-madrid-revalida-la-distincion-de-ciudad-arborea-del-mundo (a la que se accede el 6 de abril de 2022).
6. Geoffrey H. Donovan (2017). Including public-health benefits of trees in urban-forestry decision making. *Urban Forestry & Urban Greening*. 22: 120-123.
7. Van den Berg, M.; van Poppel, M.; van Kamp, I.; Andrusaityte, S.; Balseviciene, B.; Cirach, M.; Danileviciute, A.; Ellis, N.; Hurst, G.; Masterson, D.; Smith, G.; Triguero-Mas, M.; Uzdanaviciute, I.; de Wit, P.; van Mechelen, W.; Gidlow, C.; Grazuleviciene, R.; Nieuwenhuijsen, M. J.; Kruize, H.; Maas, J. (2016). Visiting green space is associated with mental health and vitaly: A cross sectional study in four European cities. *Health & Place*. 38: 8-15.
8. Jansson, M. (2014). Green space in compact cities: the benefits and values of urban ecosystem services in planning. *Nordic Journal of Architectural research.* 26 (2): 139-160.
9. Alcock, I; White, M.; Cherrie, M.; Wheeler, B.; Taylor, J.; McInnes, R.; Otte im Kampe, E.; Vardoulakis, S.; Sarran, C.; Soyiri, I.; Fleming, L. (2017). Land cover and air pollution are associated with asthma hospitalisations: A cross-sectional study. *Environment international.* 109: 29-41.
10. Chan, C.-S. (2017). Health-related elements in green space branding in Hong Kong. *Urban Forestry & Urban Greening.* 21: 192-202.
11. Subiza, J. (2004). Papel de la polución en el aumento de la polinosis. Centro de Asma y Alergia Subiza, Madrid. *Salud Rural*. 21 (8): 1-6.
12. De Castro Alfageme, S. (2014). Estudio de alérgenos de polen en la atmósfera de Valladolid (Área de Botánica). *Universidad de León. Departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental.*
13. González Minero, F. J. (1993). Calendario polínico de Huelva y su relación con la polinosis y agricultura. Universidad de Sevilla. Facultad de Farmacia. Departamento de Biología Vegetal y Ecología.
14. García-Mozo, H. et al. (2000). A comparative study of different temperature accumulation methods for predicting the start of the Quercus pollen season in Cordoba (South-West Spain). *Grana*, 39:4, 194-199.
15. Jato, V. et al. (2002). Influence of precipitation and temperature on airborne pollen concentration in Santiago de Compostela (Spain). *Grana*, 41:4, 232-241.
16. Recio, M. et al. (2010). Influence of temperature, rainfall and wind trends on grass pollination in Málaga (western Mediterranean coast). *Agr Forest Met*. 150: 931-940.
17. León-Ruiz et al. (2011). Study of Poaceae phenology in a Mediterranean climate. Which species contribute most to airborne pollen counts? *Aerobiologia*. 27(1): 37-50.
18. García Sánchez, J. (2012). Estudio inmunológico de los principales aeroalérgenos de la atmósfera de Málaga: relación con el contenido polínico y con los parámetros meteorológicos. Universidad de Málaga.
19. McDonald, M.S. (1980). Correlations of air-borne grass pollen levels with meteorological data. *Grana*. 19: 53-56.
20. Bricchi, E. et al. (1992). Fluctuations of grass pollen content in the atmosphere of East Perugia and meteorological correlations. *Aerobiologia*. 8: 401-406.
21. Cariñanos, P.; Foyo-Moreno, I.; Alados, I.; Guerrero-Rascado, J. L.; Ruiz-Peñuela, S.; Titos, G.; Cazorla, A.; Alados-Arboledas, L.; Díaz de la Guardia, C. (2021). Bioaerosols in urban environments: Trends and interactions with pollutants and meteorological variables based on quasi-climatological series. *Journal of Environmental Management.* 282, 111963: 1-
22. Rojo, J. et al. (2015). Effect of land uses and wind direction on the contribution of local sources to airborne pollen. *Sci. Total. Environ*. 538. 672-682.
23. Reinmuth-Selzle, K. et al. (2017). Air pollution and climate change effects on allergies in the Anthropocene: abundance, interaction and modification of allergens and adjuvants. *Environ. Scl. Tecnol*. 51: 4119-4141.
24. Schiavoni, G. et al. (2017). The dangerous liaison between pollens and pollution in respiratory allergy. *Ann Allergy Inmunol*. 118: 269-275.
25. Estrategia de calidad del aire y cambio climático de la Comunidad de Madrid 2013-2020. Planazul+. Comunidad de Madrid. www.madrid.org/publicamadrid (a la que se accede el 12 de abril de 2022).
26. Alonso Díaz de Durana, M.D. (2017). Alergia a los pólenes de ciprés y olivo: fenotipos clínicos y perfil de reconocimiento de alérgenos en pacientes con doble sensibilización. Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares. Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud.
27. Gutiérrez Bustillo, M. et al. (2001). Polen atmosférico en la Comunidad de Madrid. *Documentos técnicos de salud pública. Dirección General de Salud Pública. Consejería de Sanidad. Comunidad de Madrid.*
28. Díaz de la Guardia, C.; Sabariego, S.; alba, F.; Ruíz, L.; García Mozo, H.; Toro Gil, F. J.; Valencia, R.; Rodríguez Rajo, F. J.; Guardia, A.; Cervigón, P. (1999). Aeropalynological study of the genus *Platanus l.* in the Iberian Peninsula. *Polen*. 10: 89-97.
29. Subiza, J.; Feo Brito, F.; Pola, J.; Moral, A.; Fernández, J.; Jerez, M.; Ferreiro, M. (1998). Pólenes alergénicos y polinosis en 12 ciudades españolas. *Comité de Aerobiología de la SEAIC. Revista Española de Alergología e Inmunología Clínica*. 13 (2): 45-58.
30. Leuschner, R.M; Boehm, G. (1981). Pollen and inorganic particles in the air of climatically very different places in Switzerland. *Grana*, 20:3, 161-167.

31. Galán, C. et al. (2000). Meteorological factors affecting daily Urticaceae pollen counts in southwest Spain. *Int J Biometeorol*. 43: 191-195.
32. Galán, C. et al. (1995). A comparative analysis of daily variations in the *Gramineae* pollen counts at Córdoba, Spain and London, UK. *Grana*. 34: 189-198.
33. Fernández-González, M. et al. (2013). Pla a 1 aeroallergen immunodetection related to the airborne Platanus pollen content. *Sci Total Environ.* 463-464: 855-860.
34. Chico Fernández, J.; Ayuga Téllez, E. (2021). El polen arbóreo en la Comunidad de Madrid y su interrelación con contaminantes atmosféricos. *Revista PARJAP*. 101: 5-13.
35. Ščevková, J., Vašková, Z., Sepšiová, R., Dušička, J., & Kováč, J. (2020). Relationship between Poaceae pollen and Phl p 5 allergen concentrations and the impact of weather variables and air pollutants on their levels in the atmosphere. *Heliyon*. 6(7), e04421: 1-7.
36. Oduber, F., Calvo, A. I., Blanco-Alegre, C., Castro, A., Vega-Maray, A. M., Valencia-Barrera, R. M., ... & Fraile, R. (2019). Links between recent trends in airborne pollen concentration, meteorological parameters and air pollutants. *Agricultural and Forest Meteorology*, 264, 16-26.
37. X.-Y. Wang et al. (2018). Prevalence of pollen-induced allergic rhinitis with high pollen exposure in grasslands of northern China. *Allergy*. 73: 1232-1243.
38. Kluska, K. et al. (2020). The impact of rainfall of the diurnal patterns of atmospheric pollen concentrations. *Agric. For. Meteorol*. 291, 108042.
39. Sauliene, I. et al. (2019). The assessment of atmospheric conditions and constituents on allergenic pollen loads in Lithuania. J. Environ. Manag. 250, 109469.
40. Puc, M.; Bosiacka, B. (2011). Effect of meteorological factors and air pollution on urban pollen concentrations. Pol. J. Environ. Stud. 20 (3): 611-618.
41. J. Subiza et al. (1998). Pólenes alergénicos y polinosis en 12 ciudades españolas. *Comité de Aerobiología de la SEAIC. Revista Española de Alergología e Inmunología Clínica*. 13 (2): 45-58.

1

La educación arbórea y la necesidad de generar mayor acercamiento del árbol urbano con la sociedad. El caso del Comic "El Valor de los Árboles".

Susana Dominguez Lerena

SDL, Investigación y Divulgación del Medio Ambiente, S.L.'; susanad@sdlmedioambiente.com
Bosques Sin Fronteras, bosquessinfronteras@bosquessinfronteras.org

Resumen en español: El conocimiento de los beneficios del arbolado urbano es una necesidad hoy en día. Por ello, es preciso llevar a cabo trabajos y materiales atractivos que ayuden al mejor entendimiento y conocimiento por parte de la sociedad. En esta comunicación se realiza un breve repaso de las necesidades y condicionantes para conseguir un mayor acercamiento de los árboles a los ciudadanos. Además, se realiza la presentación del Comic "El Valor de los Árboles".

Abstract in English: Knowledge of the benefits of urban trees is a necessity today. Therefore, it is necessary to carry out attractive works and materials that help the best understanding and knowledge on the part of society. In this communication, a brief review of the needs and conditions to achieve a greater approach of the trees to the citizens is made. In addition, this paper introduces the graphic novel "The Value of Trees".

Palabras clave: comunicación forestal, educación, participación ciudadana, bosques urbanos, árbol urbano

Keywords: forest communication, education, citizen participation, urban forests, urban tree

1. Introducción

La mayoría de los expertos y técnicos implicados en la gestión de los bosques urbanos claman por que exista una mejor implicación de la ciudadanía con los árboles. Los departamentos técnicos de los ayuntamientos se dedican, gran parte de su tiempo, a gestionar quejas de ciudadanos que son poco sensibles a la presencia de árboles en las calles. Árboles que manchan la acera, que son peligrosos o muy altos, que no se podan lo suficiente, son algunas de las abundantes quejas que tienen que resolver los técnicos de los ayuntamientos y, también, las empresas o profesionales que trabajan en el ámbito de la jardinería.

El conocimiento de los beneficios del arbolado es fundamental para poder conseguir una mayor implicación de los ciudadanos, pero, para ello, es preciso dedicar tiempo, dinero y esfuerzo a desarrollar campañas de comunicación que ayuden a generar estas sinergias.

Pero, llevar a cabo cambios en la sociedad no es fácil, primeramente, porque es necesario que los propios técnicos, profesionales y políticos crean en esta necesidad y generen las bases para desarrollar proyectos de comunicación y participación creíbles, entendibles y con perspectivas de consolidación.

En segundo lugar, es preciso generar proyectos de comunicación y educación perdurables en el tiempo. Es bien sabido que la educación es uno de los medios más importantes para conseguir cambiar las tendencias en la sociedad. Los grandes gurús de la comunicación saben que la repetición obsesiva de determinadas noticias puede lograr el cambio de opinión, es por ello, que cualquier campaña educativa y de participación que se precie debe ser mantenida y apoyada a lo largo de los años.

La educación es un proceso fascinante que consiste en abrir un universo diferente a cada una de las personas, consiguiendo construir un futuro diferente. La oportunidad de educar a la población en los beneficios de los árboles y del bosque urbano es única en este momento, por la oportunidad que se presenta ante el escenario de cambio climático y pandémico que tenemos en este momento.

La mayoría de la sociedad no conoce estos aspectos, sufriendo un claro “analfabetismo arbóreo", es, por ello, que es preciso llevar a cabo, por un lado, una labor de formación de posibles educadores arbóreos y, por otro, un trabajo mantenido en el tiempo con la sociedad, desde niños hasta adultos para conseguir cambiar poco a poco la mentalidad.



Figura 1. Análisis DAFO de la educación arbórea. Fuente: elaboración propia basado en Herramienta DAFO (ipyme.org)

En este proceso de acompañamiento y de trabajo en equipo es fundamental que los mediadores sean personas formadas en cultura arbórea y gestión de bosques urbanos y con conocimientos de comunicación y procesos participativos. No es suficiente con ser un buen dinamizador social ni un educador ambiental, ya que desgraciadamente la educación ambiental ha encontrado su nicho en otros temas como animales, residuos, reciclaje, etc., sin existir apenas contenidos relacionados con árboles y menos con bosque urbanos.

La capacidad de “venta” de los árboles entre la sociedad puede ser tremendamente grande. Los árboles son los seres vivos más grandes y viejos del planeta y, por ello, pueden generar fascinación, sólo hay que abrir los ojos y ponerlo en venta para explotar el marketing de los árboles.

Sin embargo, faltan recursos originales de interpretación de los árboles y faltan divulgadores especializados.

La gran mayoría de las veces vemos cómo se generan materiales educativos y divulgativos sin originalidad ni enganche, debido a que son hechos por técnicos o personas que, aunque sean excelentes profesionales o gestores de proyectos, no saben ni se han especializado en generar contenidos divulgativos amenos e interesantes.

En esta comunicación se presenta un comic sobre los árboles que pretende acercar a la sociedad el valor del árbol, sus beneficios y necesidades. En este libro, encontraremos curiosidades y temas que invitan a la reflexión, como **las ventajas que los árboles aportan a las ciudades y los beneficios que podríamos obtener incorporándolos al mundo urbano o el modo en que podrían frenar el cambio climático** entre otros.

Con ello, se pretende informar y **CONCIENCIAR**, mediante datos elaborados con textos sencillos acompañados de ilustraciones impactantes con el objetivo de fortalecer la información otorgada.

2. Características y contenido del Comic

El Cómic *El Valor de los Árboles* se edita por la Editorial Sauré y está compuesta por 115 páginas en tamaño A5 y 80 ilustraciones. Consta de 10 capítulos seguidos cada uno de un cuento para adultos relacionado con la información. Los temas tratados son los siguientes:

1. Estructura perfecta. los árboles no se caen los tiramos. Cuento: El gigante de Takuda
2. Los árboles reaccionan frente a las amenazas. Cuento: El árbol de los problemas
3. ¿cuánto puede vivir un árbol? Cuento: El hombre que no quería envejecer
4. El misterio de los árboles huecos. Cuento: El pino que nació en un roble
5. Hongos y árboles. la unión hace la fuerza. Cuento: El jardín salvado
6. Las raíces. un universo oculto bajo tus pies. Cuento: El árbol que aparentemente no quería crecer
7. Bosques terapéuticos. Cuento: El día que aprendí a abrazar árboles
8. El espacio de los árboles en la ciudad. ¿cabemos todos? Cuento: La ciudad perdida
9. ¿se tienen que podar los árboles? Cuento: El bosque de nunca jamás donde siempre se había hecho así
10. Beneficios de los árboles en las ciudades. Cuento: el árbol de la abundancia

Algunas de las páginas se pueden observar en las imágenes siguientes:



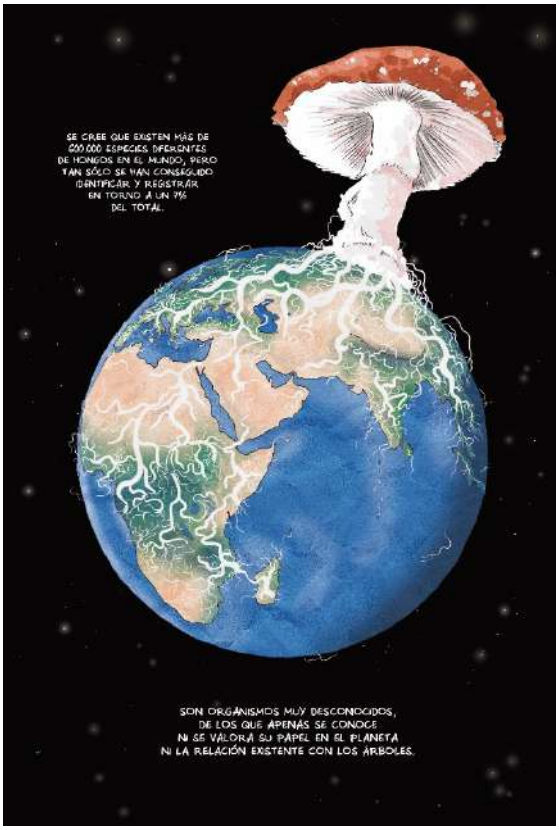
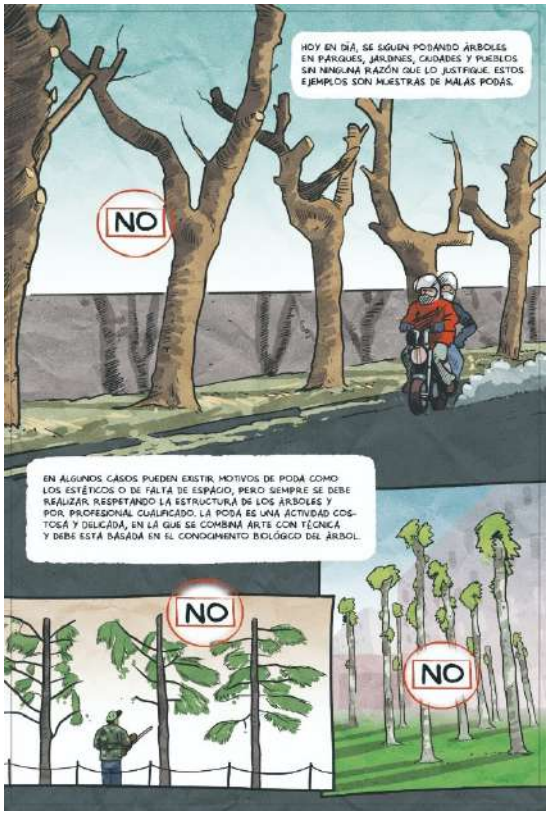


Imagen 1 (izquierda). Primera página del primer capítulo. Imagen 2 (derecha) Imagen del capítulo 5



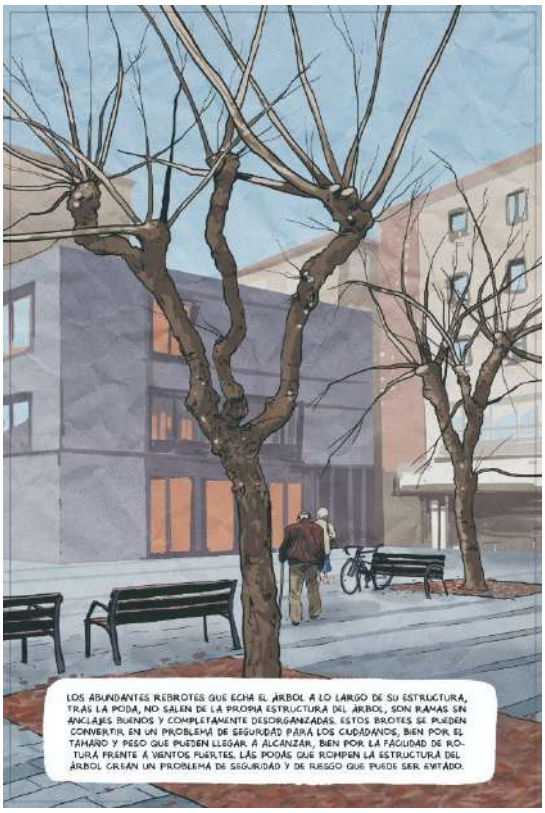


Imagen 3 y 4. Ambas ilustraciones y textos correspondientes al capítulo de podas (9)

El comic saldrá a la venta en librerías y e-book en mayo de 2022. Con el interés de que llegue al máximo público posible se están realizando tiradas con instituciones públicas y privadas y preparando jornadas de presentación y de debate en torno a los árboles.

Estudio y valoración de los servicios ecosistémicos del arbolado urbano de la urbanización Zulema-Villalbilla (Comunidad de Madrid)

Susana Domínguez-Lerena[1], Alejandro Manzano Rodríguez[2] y Vanessa Aguilar Parra[3]

(1,2) SDL Investigación y Divulgación del Medio Ambiente, S.L. sdl@sdlmedioambiente.com

(3) Concejalía de Medio Ambiente. Ayuntamiento de Villalbilla

Resumen en castellano. En este estudio se ha llevado a cabo un análisis y valoración de los servicios ecosistémicos proporcionados por el arbolado presente en la Urbanización de Zulema, integrada en el municipio de Villalbilla (Comunidad de Madrid) Previamente se ha realizado un inventario de arbolado, incluyendo la medición de atributos específicos para realizar la correspondiente valoración de servicios a través del software ***i-tree Eco.*** Se trata de una potente herramienta diseñada para mejorar la gestión de los bosques urbanos, pues permite realizar una valoración cuantitativa de los servicios ambientales generados por un árbol o conjunto de árboles, a partir de ciertos datos de inventario. A través de dicha valoración, se han obtenido unos resultados cuantificables de diversos beneficios que los árboles proporcionan al ser humano, como, por ejemplo: eliminación de contaminantes, fijación de carbono o producción de oxígeno entre otros. De esta manera se pretende dar mayor visibilidad e importancia a estos aspectos ambientales, que hasta la fecha quedaban relegados a un segundo plano en los planes de gestión de arbolado, pues se tratan de variables indispensables y fundamentales para el desarrollo sostenible de las ciudades (importancia del bosque urbano como herramienta). Además, en este estudio se comprobará la enorme influencia de la especie, el tamaño o el estado de conservación de los árboles, en cuanto a generar mayores o menores beneficios ambientales al municipio en cuestión. Pudiendo llegar a establecer pautas o líneas de trabajo con las que favorecer el desarrollo del arbolado y por ende maximizar los servicios aportados.

Abstract in English. This study has carried out an analysis and valuation of the ecosystem services provided by the trees present in the Zulema Urbanization (Villalbilla, Community of Madrid). Previously, a tree inventory has been carried out, including the measurement of specific attributes to perform the corresponding valuation of services through the ***i-tree Eco*** software. This is a powerful tool designed to improve the management of urban forests, as it allows a quantitative assessment to be made of the environmental services generated by a tree or group of trees based on certain inventory data. Through this assessment, quantifiable results have been obtained for various benefits that trees provide to humans, such as, for example: elimination of pollutants, carbon fixation or oxygen production... In this way, the aim is to give greater visibility and importance to these environmental aspects, which until now have been relegated to the background in tree management plans, as they are essential and fundamental variables for the sustainable development of cities (importance of the urban forest as a tool). Furthermore, this study will make it possible to verify the enormous influence of the species, size or state of conservation of the trees, in terms of the generation of greater or lesser environmental benefits for the municipality. It will be possible to establish guidelines or lines of work with which to promote the development of the trees and thus maximize the services provided.

Palabras clave: Bosque urbano, servicios ecosistémicos, árbol urbano, i-tree ECO, fijación de carbono, fijación de contaminantes, área foliar

Key words: urban Forest, ecosystem services, urban tree, i-tree Eco, carbon fixation, contaminant fixation, leaf area

1. INTRODUCCIÓN

Los espacios verdes urbanos han sido y son una parte fundamental en el desarrollo de ciudades y en la formación de sociedades, pues aportan múltiples beneficios, siendo indispensables para alcanzar el máximo bienestar humano en este tipo de entornos. Cada vez estos aspectos tienen una importancia mayor. Actualmente, el 54% de los habitantes a nivel mundial viven en áreas urbanas, y, según la ONU, se espera que esta cifra continúe aumentando progresivamente, estimándose que alcanzará un 66% para 2050.

La infraestructura verde de las ciudades representa un sistema interconectado de espacios verdes y elementos naturales, como el arbolado existente, y se erige como un elemento fundamental en el desarrollo de ciudades resilientes y adaptadas al cambio climático.

La correcta gestión del arbolado urbano constituye una herramienta imprescindible con la que alcanzar el equilibrio en este tipo de ecosistemas. El desarrollo sostenible está íntimamente ligado a la calidad de vida, pues un ecosistema sostenible es aquel que ofrece servicios ambientales, sociales y económicos a todos los integrantes de una comunidad, sin poner en peligro la viabilidad de los entornos naturales de los que dependen los servicios ofrecidos. Es decir, la sostenibilidad implica un aumento en la calidad de vida y bienestar humano. A continuación, se muestran algunos beneficios derivados de los árboles:

- Incrementan el valor paisajístico de pueblos y ciudades.
- Proporcionan sombra y zonas más frescas en verano, mejorando el bienestar humano y confort térmico.
- Aportan refugio y alimento a la vida silvestre existente (mayor biodiversidad)
- Fijan polvo y partículas contaminantes, mejorando la calidad del aire y por ende la salud de las personas. La contaminación atmosférica es un grave problema a nivel mundial pues según estima la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) sigue siendo responsable de más de 430 000 muertes prematuras en Europa [1]
- Producen un impacto positivo en la salud física y mental de las personas. El fomento de la resiliencia frente al estrés humano se ha convertido en una de las principales prioridades de gobiernos locales y ciudadanos [2]
- Reducen los efectos de inundaciones repentinas. La presencia de árboles y vegetación mejoran la infiltración de agua y reducen la escorrentía superficial derivada de las superficies impermeables de las ciudades (pavimento, hormigón…) Estrategias basadas en la infraestructura verde de las ciudades representan líneas de actuación eficaces para minimizar dichos efectos [3]
- Amortiguan las condiciones meteorológicas: "efecto isla de calor urbano", viento…
    - El efecto isla de calor urbano (EICU) se produce por una combinación de factores propios del entorno urbano, como son: abundancia de superficies artificiales de bajo albedo, las actividades antrópicas desarrolladas en las ciudades o la morfología urbana que dificulta la disipación del calor. Un conjunto de factores que generan un incremento de temperatura en el interior de la ciudad [4]
    - En el ámbito del clima mediterráneo existen diversos estudios donde se relaciona el EICU con la intensificación de las olas de calor o el incremento en el consumo de energía [5,6,7]
    - El bosque urbano tiene una influencia positiva en la mitigación del EICU. Los árboles reducen el calentamiento de superficies, favorecen la disipación de calor (enfriando el aire mediante la evapotranspiración) y reducen la velocidad del viento [8], siendo herramientas imprescindibles para combatir el cambio climático.

En el presente estudio, se ha realizado el inventario de arbolado de la Urbanización de Zulema en el municipio de Villalbilla (Comunidad de Madrid) lo que ha permitido la caracterización del arbolado,

el diagnóstico de su estado y la definición de las principales carencias detectadas, así como las líneas de actuación. En este inventario se han medido datos adicionales relativos al estado y magnitud de la copa para realizar una valoración de los servicios ecosistémicos que aportan el conjunto de árboles inventariados a los vecinos de la urbanización. La mayoría de los beneficios derivados de los árboles son intangibles aparentemente, y no por ello, son menos importantes.

En este trabajo, se ha llevado a cabo una cuantificación de los beneficios ecosistémicos del arbolado inventariado, con lo que se pretende demostrar la importancia del bosque urbano de una forma más visible y cuantificable. Entender la estructura, función y valor del arbolado urbano es fundamental para promover un desarrollo con el que mejorar la calidad del entorno, y por ende del bienestar humano.

1.1. Zona de estudio

Villalbilla es un municipio de la Comunidad de Madrid, ubicado en el sector oeste (W) de la región a escasos 40 km de la capital y situado muy próximo a dos grandes núcleos urbanos como son Torrejón de Ardoz y Alcalá de Henares. El término municipal de Villalbilla abarca una extensión de 34,6 km2, albergando un total de 15.049 habitantes (según la última actualización del padrón municipal)

Dicho término municipal integra diferentes núcleos urbanos y urbanizaciones, estando constituido por: el pueblo de Villalbilla, localidad de los Hueros y las urbanizaciones de Peñas Albas, Zulema, El Viso, Los Gigantes, El Portillo y El Robledal.

El ámbito del inventario y el estudio se localiza sobre la urbanización de Zulema ubicada al noreste del pueblo de Villalbilla. Se trata de una urbanización con una distribución altamente irregular del arbolado, existiendo determinadas zonas donde la densidad de arbolado es muy elevada.



Imagen 1. Localización de la zona objeto (Zulema en rojo) respecto al pueblo de Villalbilla (verde)



Imagen 2. Plano detalle de la zona objeto de estudio (Urbanización Zulema)

1.2. Servicios ecosistémicos

Existen diversas definiciones que hacen referencia a los servicios ecosistémicos o servicios ambientales. Una de las más extendidas y aplicadas es la propuesta en el informe "La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio" [9] documento en el que se describen los servicios ecosistémicos como el conjunto de condiciones y aportaciones directas e indirectas de los ecosistemas naturales y las especies que éstos albergan al bienestar humano.

1.2.1. Identificación y clasificación

Existe una amplia gama de servicios ambientales, algunos de los cuales son fácilmente identificables y cuantificables en términos de mercado, como el turismo asociado a espacios naturales protegidos o las materias primas obtenidas directamente de los bosques. Debido a esta característica, este tipo de servicios ecosistémicos tienen mayor peso en los planes de gestión y en los procesos de toma de decisiones, quedando otros elementos ambientales de vital importancia relegados a un segundo plano por presentar mayor complejidad en su valoración.

Existiendo una primera clasificación de servicios que se diferencian en dos grandes grupos:

- Directos: Son más fácilmente cuantificables y evidentes, la obtención de provisiones. Alimentos, materias primas, medicinas son algunos ejemplos.
- Indirectos: Se encuentran relacionados con los procesos propios del ecosistema, como es la fijación de carbono y producción de oxígeno a través de la fotosíntesis de las especies vegetales.

Por otra parte, basándose en el beneficio producido por los servicios generados se propone la siguiente diferenciación en la tipología de los servicios ambientales.

- Aprovisionamiento: Referidos a aquellos bienes o materias primas que produce el ecosistema, tales como alimentos, combustibles renovables, agua…
- Regulación: Aquellos derivados de los procesos naturales de los ecosistemas y amortiguan impactos locales y globales, como por ejemplo el control de la erosión, la regulación del clima o la mejora en la calidad del aire.

- Culturales: Relacionados con los beneficios no materiales, como es el enriquecimiento personal o espiritual, los placeres estéticos que brindan los propios ecosistemas. También están relacionados con el ocio y uso del tiempo libre del ser humano.
- Soporte: Engloban el conjunto de procesos naturales que garantizan el desarrollo de los anteriores servicios. Estos procesos generan beneficios al ser humano de forma indirecta a través de largos lapsos de tiempo. Por ejemplo: el ciclo de nutrientes, el ciclo del agua o la fotosíntesis.

Los servicios ambientales cobran especial importancia en las ciudades, siendo los bosques urbanos fundamentales para maximizar el bienestar humano de una manera sostenible. Entre los beneficios producidos se pueden destacar los siguientes:

- **Eliminación de partículas contaminantes.** Las áreas urbanas presentan significativos problemas de contaminación. Según la OMS la contaminación supone un importante riesgo medioambiental para la salud, se publicaron varios informes donde se exponía que más del 90% de la población vive en lugares donde no se cumplen las condiciones mínimas de calidad de aire. Esta situación genera un aumento de enfermedades cardíacas, respiratorias y de cáncer de pulmón [10, 11]

Dada la magnitud del problema se hace evidente la necesidad de tomar medidas al respecto, siendo el arbolado urbano una herramienta indispensable para subsanar dicha problemática. Los árboles eliminan elementos contaminantes a través de las estomas o reteniendo las partículas en la superficie de hojas y tallos, de forma posterior se disuelven con la lluvia.

- **Sumideros de carbono.** Los bosques contribuyen enormemente a controlar los niveles de CO_2 pues actúan como sumideros de carbono.

  El secuestro de carbono realizado por los árboles se produce a través de la fotosíntesis, proceso en el que se fija CO_2 atmosférico y se desprende oxígeno (O_2) como gas residual.

  Además, los árboles actúan como almacenes de carbono, pues este compuesto queda integrado en sus tejidos. El conjunto de carbono almacenado por un árbol es liberado de nuevo cuando el árbol muere y se descompone, de ahí la importancia de mantener en buen estado de salud el arbolado existente.
- **Producción de oxígeno (O_2).** El oxígeno es un gas presente en la atmósfera y es indispensable para el desarrollo de la vida. Las especies vegetales producen oxígeno mediante una reacción química conocida como fotosíntesis, proceso metabólico en el cual se libera oxígeno a la atmósfera como gas residual.
- **Reducción de la temperatura.** Tal como se ha mencionado anteriormente en los núcleos urbanos las temperaturas son más elevadas que las existentes en las zonas periféricas, es un fenómeno que se conoce bajo la denominación "efecto de isla de calor urbana" (EICU) La aparición de este fenómeno se debe a la expansión de las ciudades y a la progresiva sustitución de especies vegetales y zonas verdes por espacios asfaltados u hormigonados que retienen más calor, es decir un cambio en el uso del suelo. Además, la concentración de edificios dificulta el flujo de viento, impidiendo la disipación de calor. Los bosques urbanos son unos grandes aliados para mitigar este fenómeno, pues reducen las temperaturas mediante la evapotranspiración, proporcionan sombra y limpian el aire.
- **Valores no cuantificables.** La presencia de vegetación o zonas verdes en las ciudades tienen un impacto directo sobre la calidad de vida de sus habitantes. Existencia de un componente estético que hace el territorio más atractivo para vivir, pues armoniza el paisaje. Mejora la salud física y mental de las personas, siendo el eje sobre el que se vertebran la mayoría de las relaciones interpersonales. Se favorece el desarrollo de actividades de ocio y uso recreativo de las zonas verdes, siendo puntos de

encuentro y reunión. Además, los espacios verdes impulsan el desarrollo personal, pudiendo ser lugares de reflexión e inspiración.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Herramienta i-tree ECO

En el presente estudio se ha utilizado como herramienta el software i-tree Eco, desarrollado por el Servicio Forestal del USDA (Departamento de agricultura de los Estados Unidos). Se trata de una potente herramienta diseñada para realizar una mejor gestión de los bosques urbanos, pues cuantifica la estructura del bosque, función y valor económico que proporcionan a la sociedad.

Este software permite realizar una valoración cuantitativa de los servicios ambientales generados por un árbol o conjunto de árboles a partir de ciertos datos de inventario de arbolado tomados en campo, junto a datos de clima y contaminación del aire.

La forma de realizar el cálculo es la siguiente:

- Para datos en Estados Unidos, el valor predeterminado de la eliminación de la contaminación del aire se calcula con base en la incidencia local de los efectos adversos a la salud y en los costos nacionales de externalidades promedio.
- El número de efectos adversos a la salud y el valor económico asociado se calcula para ozono, dióxido de sulfuro, dióxido de nitrógeno y material particulado menor a 2.5 micras usando datos del Programa de Asignaciones y Análisis de Beneficios Ambientales (BenMAP) de la Agencia de Protección Ambiental de EEUU [12]
- Para los trabajos fuera de EEUU, se utilizan valores de contaminación local definidos por el usuario. En caso de no obtener los valores locales, las estimaciones se basan en valores de externalidad media europea [13] o BenMAP ecuaciones de regresión [12] que incorporan estimaciones de población definidas por el usuario. Los valores son entonces convertidos a moneda local con tasas de cambio definidas por el usuario.
- Los valores oficiales de contaminación se basan en el costo social estimado del contaminante en términos de impacto en la salud humana, daños a edificios y cultivos (sin tener en cuenta los daños a los ecosistemas, ni acidificación, ni eutrofización)
- Se asume que el beneficio para la sociedad de una tonelada de gas eliminado es el mismo que el costo de una tonelada del mismo gas emitido.
- Para el cálculo del almacenamiento de carbono se calcula la biomasa de cada árbol usando ecuaciones de la literatura y los datos de los árboles medidos. Los árboles maduros con mantenimiento tienden a tener menos biomasa que la predicha por las ecuaciones de biomasa derivadas del bosque [14]. Para ajustar la diferencia, los resultados de la biomasa para árboles urbanos maduros se multiplicaron por 0.8. La biomasa del peso seco de los árboles se convierte a carbono almacenado multiplicándola por 0.5.
- El valor estructural es el valor de un árbol en base al propio recurso físico. Los valores estructurales se basan en los procedimientos de valoración del Consejo de Tasadores de Árboles y el Paisaje, que usa la información de especie, diámetro, condición y lugar del árbol [15].

NOTA IMPORTANTE: i-tree Eco utiliza predicciones y fórmulas estudiadas en la literatura científica pero los datos se deben tomar como una estimación aproximada pero nunca como un estudio preciso de los valores ambientales del bosque urbano.

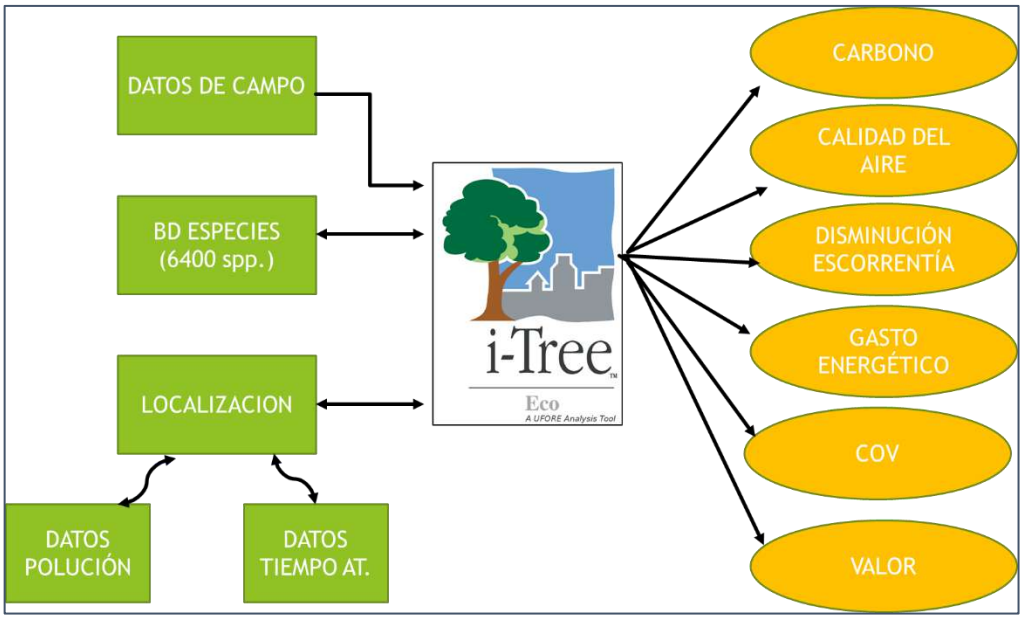


Imagen 3. Información recopilada (izquierda) y valoraciones obtenidas por el programa i-tree (derecha). Fuente: elaboración propia

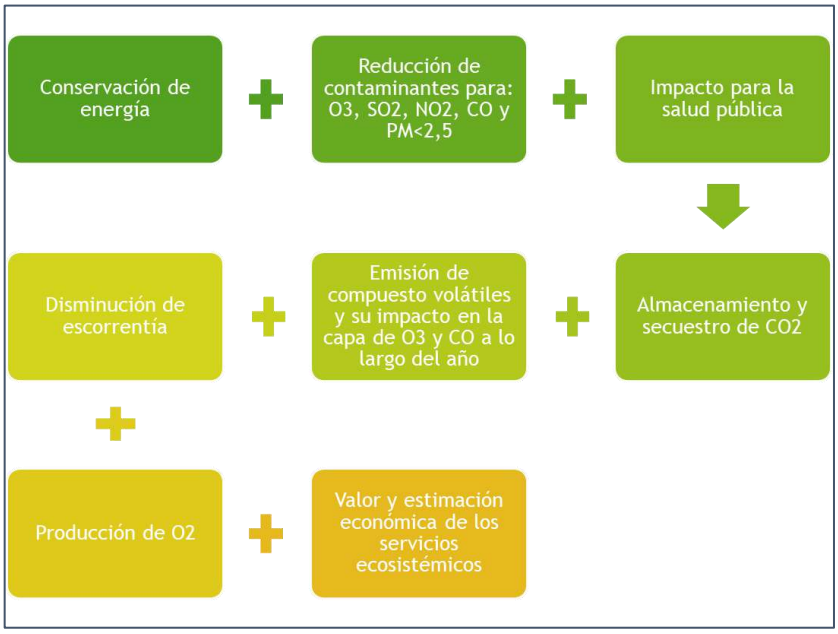


Imagen 4. Valores cuantificables por la herramienta i-tree ECO. Fuente: elaboración propia

2.2. Parámetros medidos

Esta herramienta permite calcular una gran variedad de servicios ecosistémicos, cada uno tiene diferentes especificaciones durante la toma de datos. En este caso se ha priorizado el análisis de 5 parámetros fundamentales:

- Partículas contaminantes.

El modelo utilizado realiza los cálculos para las partículas contaminantes más habituales y nocivas: ozono (O_3), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO_2), dióxido de sulfuro (SO_2) y material particulado menor a 2,5 micrones (PM2.5).

- Secuestro y almacenamiento de carbono.

El almacenamiento de carbono se calcula a partir de la biomasa de cada árbol usando ecuaciones de la literatura y los datos de los árboles medidos.

El secuestro de carbono es la eliminación del dióxido de carbono del aire por los ejemplares. Para su cálculo anualmente, se añadió el crecimiento promedio del diámetro del género correspondiente y la clase diamétrica.

- Producción de oxígeno.

El software empleado calcula la cantidad de oxígeno producido a partir del secuestro de carbono en base a los pesos atómicos:

$$\text{liberación neta de } O_2 \text{ (kg/año)} = \text{secuestro neto de C (kg/año)} \times 32/12 \qquad (1)$$

- Valores estructurales y funcionales.

El valor estructural es aquel considerado exclusivamente por lo que supone el recurso físico, es decir sería semejante al coste que supondría reemplazar un árbol por otro de características similares. En este ámbito estructural, además del valor propio del ejemplar, se puede incluir el valor correspondiente al almacenamiento de carbono.

En cuanto a los valores funcionales, se incluyen todos aquellos que están relacionados con el conjunto de procesos que lleva a cabo el árbol, algunos ya mencionados como el secuestro de carbono o la eliminación de partículas.

- Valor de importancia (I.V – "Importance Value").

Este parámetro relaciona la variable de área foliar con el número de pies. Se calcula por especies, mediante la suma del porcentaje de población y el porcentaje de área foliar.

2.3. Toma de datos en campo

Para la realización del estudio del arbolado en la zona objeto de estudio se ha realizado un inventario de los árboles pie a pie. Se han considerado inventariables aquellas especies vegetales de porte arbóreo, de los cuales se han recopilado diferentes atributos para caracterizar al bosque urbano, de los cuales destacan los siguientes para el ámbito del estudio.

- Nº de árbol
- Posición y coordenadas GPS
- Especie
- Dimensiones:
    - Altura total del ejemplar (m) Para su medición se ha empleado un hipsómetro láser de precisión.
    - Diámetro de la base del tronco (cm), mediante medición con forcípula manual.
    - Diámetro de copa (m), estimación con hipsómetro.

Además de los atributos mencionados líneas arriba se deben tomar medidas específicas para la valoración de los servicios ecosistémicos.

Los datos solicitados por el software para la correcta cuantificación de los parámetros definidos en el apartado 2.2, se focalizan en las dimensiones del ejemplar y el estado de la copa, tal como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 1. Descripción de los atributos medidos en campo.

MEDICIONES QUE TOMAR	DESCRIPCIÓN
Altura total del árbol (m)	Altura desde el suelo hasta la parte superior del árbol (vivo o muerto)
Altura a parte superior de copa (m)	Altura desde el suelo hasta la parte superior viva del árbol
Altura a base de la copa (m)	Altura desde el suelo a la primera rama viva
Ancho de la copa (m)	Se debe medir en dos direcciones: Norte-Sur y Este-Oeste
Porcentaje de copa desaparecida	Porcentaje del volumen de copa que no se encuentra ocupado por ramas y hojas
Porcentaje de muerte regresiva	Porcentaje de copa que presentas ramas muertas (no incluye la muerte de ramas por poda natural)
Diámetro normal (cm)	Diámetro del tronco a una altura de 1,30m desde el suelo

La mayoría de las mediciones descritas en la tabla anterior se interpretan fácilmente y son de obtención directa. Sin embargo, tanto la variable de copa desaparecida como la de muerte regresiva requieren de mayor detenimiento en su observación.

- El porcentaje de copa desaparecida o pérdida de copa es identificado en i-tree eco como **"Canopy Missing"**. Para su correcta medición hay que visualizar el borde de la copa ideal dadas las características morfologías del árbol en cuestión y estimar el porcentaje de copa que falta para alcanzar ese ideal.

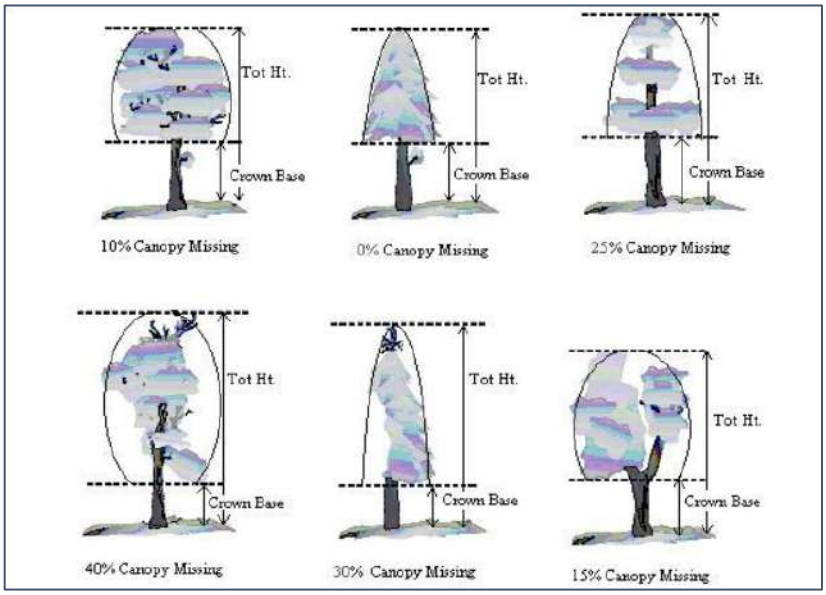


Imagen 5. Ejemplos de estimación de la variable de copa desaparecida "Canopy Missing"

- El porcentaje de muerte regresiva, denominado en el software como **"Dieback".** Durante su estimación se debe observar el estado de la copa actual y determinar qué porcentaje de la copa está constituido por elementos secos. Está variable no incluye la muerte de copa por circunstancias naturales como es la poda natural.

También se podría definir como la inversa del estado de la copa, una copa perfecta en condiciones excelentes se identificaría con el valor 100% en estado de copa, que equivale a un 0% de muerte regresiva.

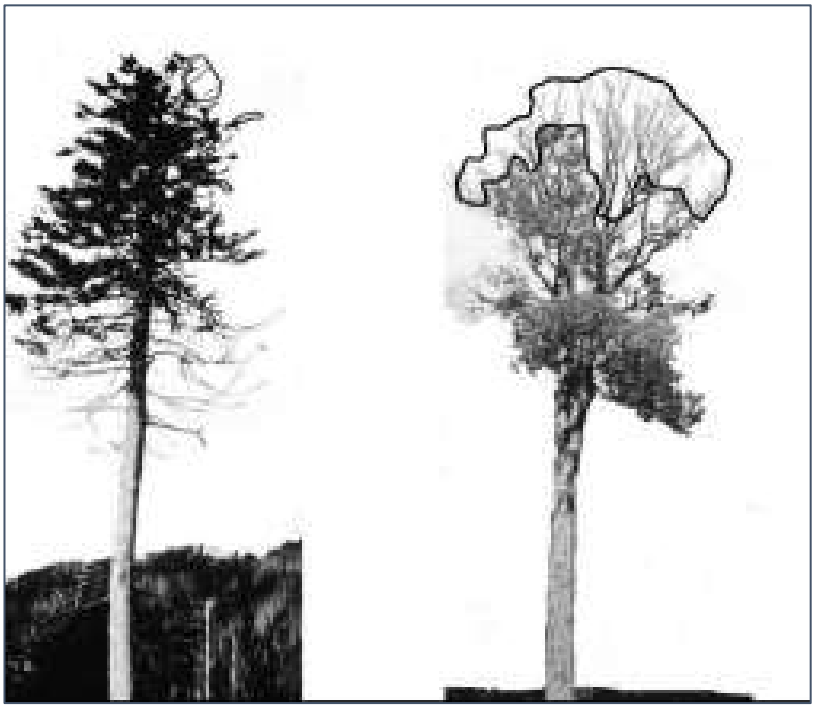


Imagen 6. Ejemplos de estimación de la variable muerte regresiva "Dieback"

3. RESULTADOS

3.1. Caracterización del arbolado

Una vez realizado el inventario y previamente al análisis de servicios ecosistémicos proporcionados por el arbolado, se deben conocer las características principales del arbolado inventariado, lo que permitirá realizar una mejor interpretación de los resultados obtenidos.

Han sido inventariados un total de 2054 árboles, siendo las principales características del arbolado de Zulema las mencionadas a continuación:

- La **escasa diversidad específica**, dominando claramente dos especies (*Pinus pinea* - 20% y *Ulmus pumila* - 24%) sobre el resto que se encuentran representadas en un porcentaje muy inferior, llegando a ser testimonial en especies concretas.

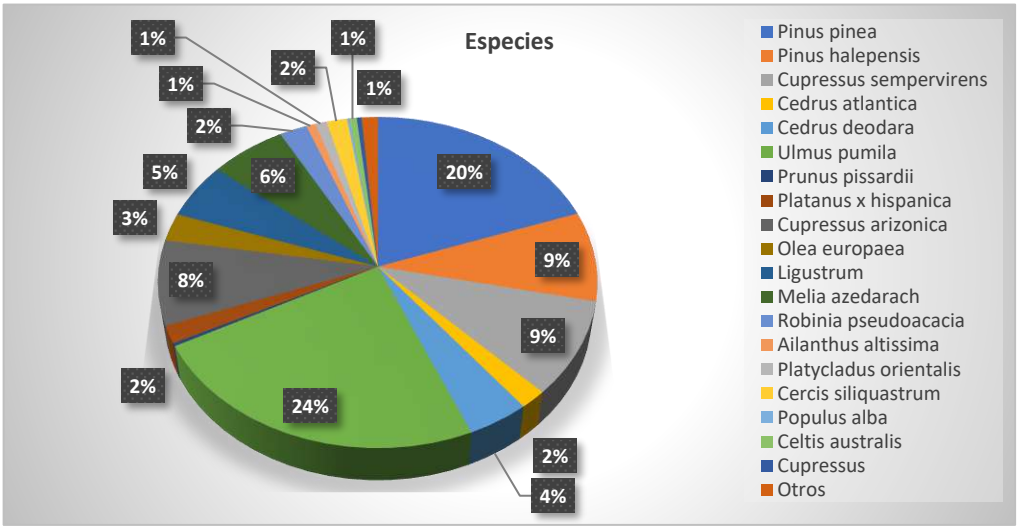


Figura 1. Representación por especies del arbolado analizado.

- **Distribución muy heterogénea** del arbolado a lo largo del territorio objeto de estudio, existiendo áreas con una densidad de arbolado tan elevada que dificulta el correcto desarrollo de los ejemplares, pues entran en competencia por la falta de espacio.

- **El tamaño medio de los árboles es reducido**, la mayoría de los ejemplares son árboles jóvenes o que no han conseguido desarrollarse completamente. Apenas el 5% de los árboles tienen un diámetro superior a 50 centímetros y de forma análoga ocurre con la altura, donde únicamente el 8% alcanzan una dimensión superior a los 12 metros.

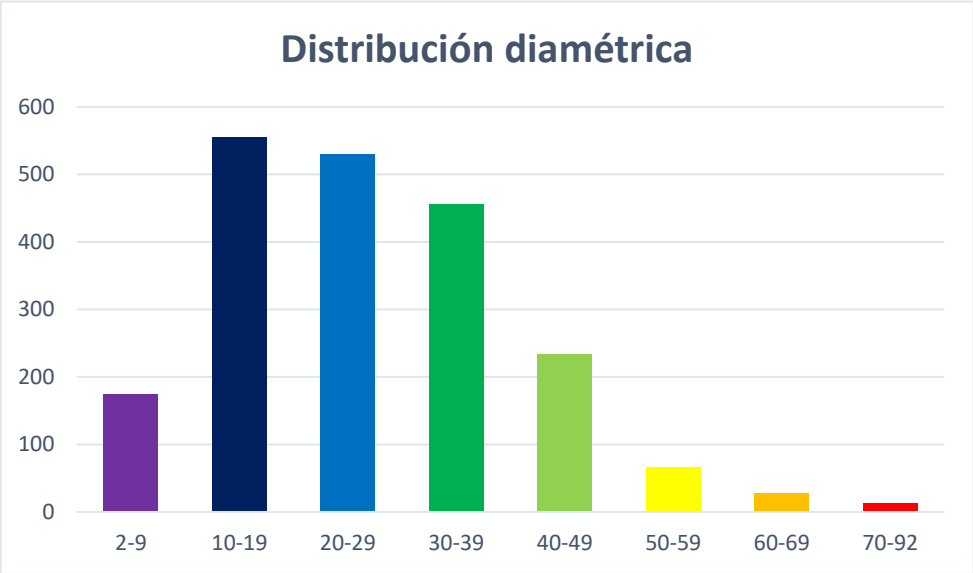


Figura 2. Ejemplares clasificados por clase diamétrica (cm)

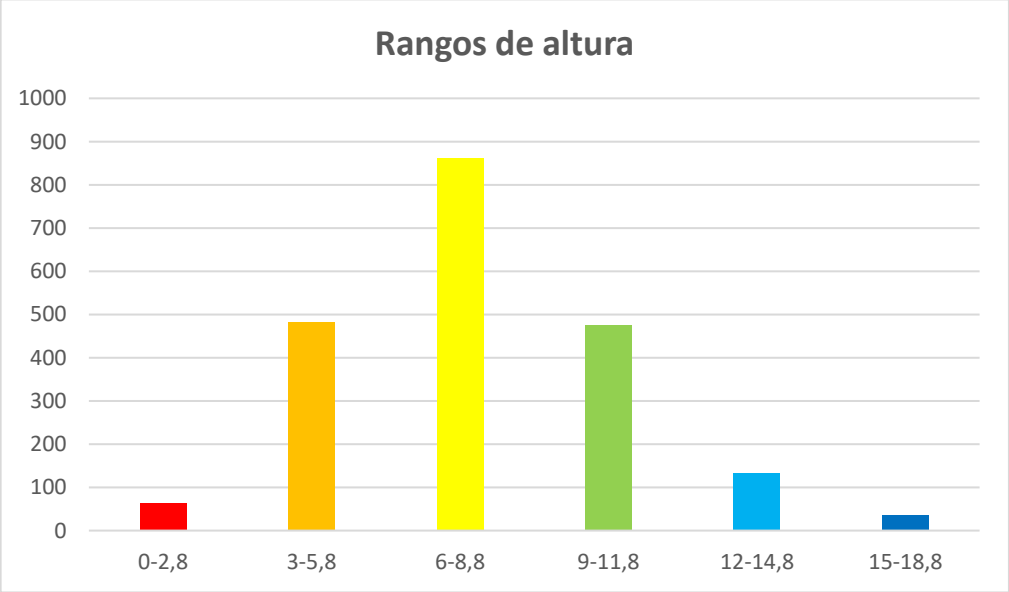


Figura 3. Ejemplares clasificados por intervalos de altura (m)

Las mencionadas características hacen evidente la falta de una planificación estratégica que facilite un correcto desarrollo de los árboles, que permita obtener árboles sanos de mayor porte y se vean maximizados los beneficios que estos generan.

Los ejemplares con escaso desarrollo presentan menos valores ambientales para los ciudadanos del territorio, siendo un factor determinante en el análisis de los servicios ecosistémicos, tal como se puede observar en los siguientes apartados.

3.2. Eliminación de partículas contaminantes

Los resultados representan la cantidad de partículas eliminadas (kg) y el valor cuantitativo de la eliminación producida (€).

La eliminación de partículas contaminantes realizada por los árboles estudiados es positiva para los diferentes elementos analizados, sin embargo, algunos se eliminan en un porcentaje muy superior al resto, tal como se muestran en el Figura.

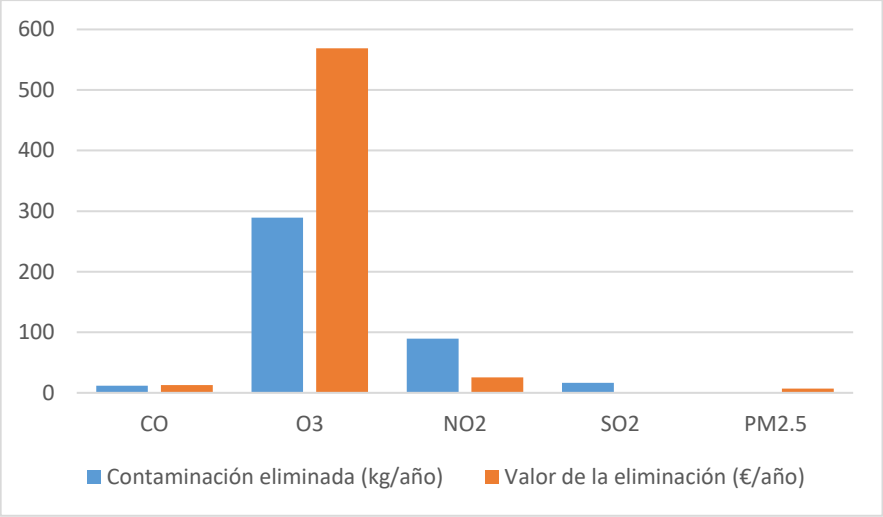


Figura 4. Eliminación de partículas contaminantes y valor asociado.

El arbolado de la Urbanización Zulema elimina un total de 407,3 kilogramos de la contaminación del aire en un año, con un valor asociado de 619 €.

El modelo utilizado para el análisis permite observar la evolución de la fijación de contaminantes durante un año, siendo interesante para alcanzar una mejor comprensión de los procesos que se llevan a cabo (Figura)

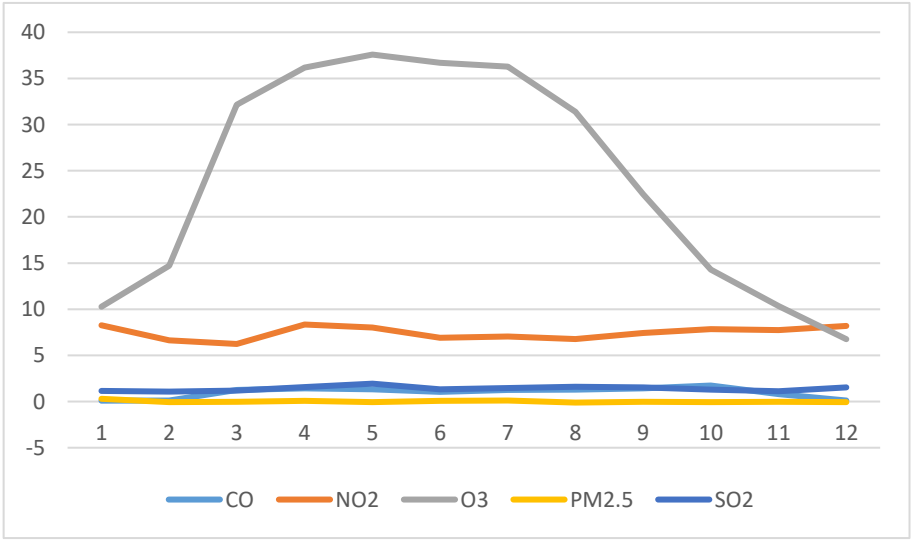


Figura 5. Eliminación de partículas contaminantes (kg) a lo largo de un año.

El ozono (O_3) es el elemento que presenta una mayor variación, mientras las demás partículas muestran una tendencia uniforme. El ozono alcanza los niveles más altos de eliminación durante los meses comprendidos entre marzo y agosto (primavera-verano), a medida que se aproxima el otoño, coincidiendo con la caída de las hojas, la tendencia disminuye y no repunta nuevamente hasta la llegada de la primavera. Dicha oscilación puede producirse debido a la influencia foliar en la fijación de ozono o a una combinación de fenómenos externos (climáticos y contaminantes)

Respecto a las partículas menores a 2,5 micrones (PM2.5) presenta valores negativos durante algunos meses. Los árboles eliminan PM2,5 cuando dichas partículas se depositan en sus hojas, una vez en las hojas pueden volver a suspenderse en la atmosfera o pueden disolverse a través de la lluvia. La eventualidad de factores meteorológicos como la lluvia, supone que en algunos casos la eliminación de este tipo de partículas pueda ser negativa. Sin embargo, tal como queda reflejado en la Figura, el balance anual de eliminación es positivo.

3.3. Almacenamiento y secuestro de carbono

Almacenamiento de carbono

En la Figura se observan las especies arbóreas que mayor cantidad de carbono contienen en sus tejidos. Dichos valores están determinados por el tamaño de los ejemplares (a mayor desarrollo, mayor retención) y por el número en que se encuentra representada cada especie, siendo las especies más abundantes y de mayor tamaño las que alcanzan valores más elevados (olmos, pinos, cipreses y arizónicas)

El almacenamiento de carbono muestra la cantidad de carbono que sería liberado a la atmósfera en caso de muerte y descomposición del árbol. Por ello es fundamental realizar una correcta gestión del arbolado con la que alcanzar un estado saludable del conjunto, favoreciendo la fijación de carbono y evitando su liberación a la atmosfera.

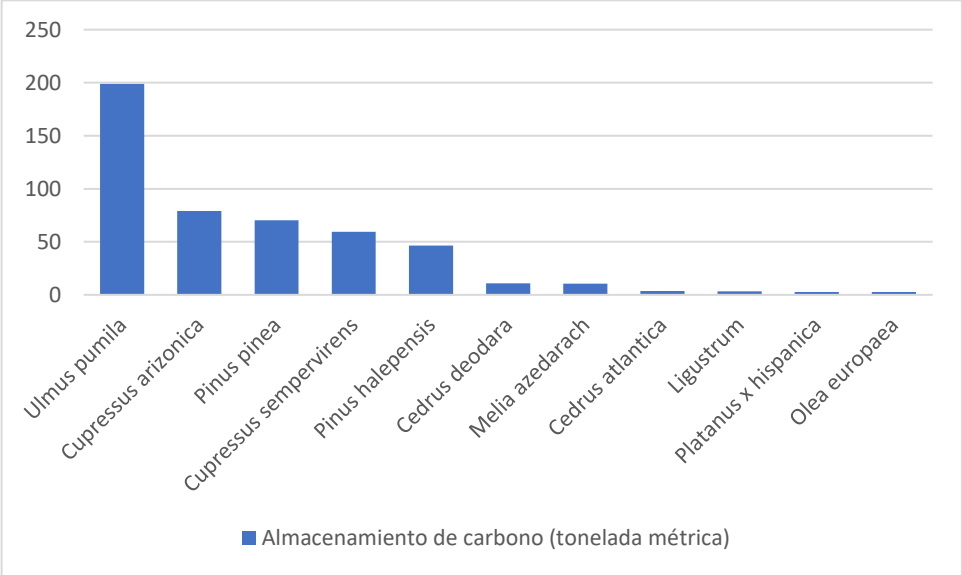


Figura 6. Almacenamiento de carbono de las especies más representativas.

El almacenamiento de carbono total del conjunto de árboles de Zulema es de más de 500 toneladas que equivale a un valor de 80.600 €.

Secuestro de carbono

De forma análoga al caso anterior, el secuestro de carbono aumenta con el tamaño y la salud de los ejemplares. Siendo otro factor en pro de que una buena gestión del arbolado permite mejorar los servicios ambientales generados.

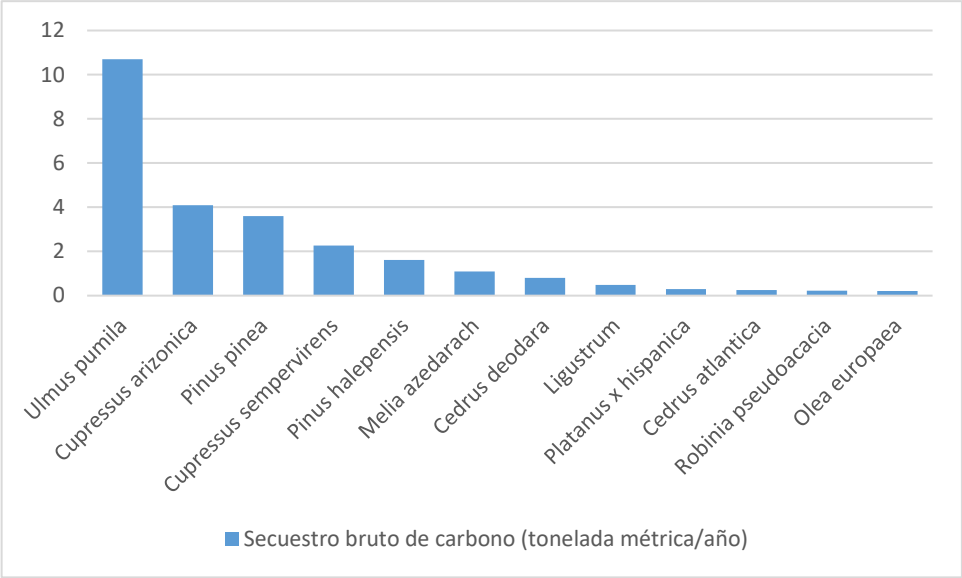


Figura 7. Secuestro de carbono de las especies más representativas.

El secuestro de carbono total generado por el conjunto de árboles presentes en el estudio alcanza una cifra de más de 26 toneladas al año, con un valor asociado de 4.240€. La cifra equivalente en términos de dióxido de carbono (CO_2) es de 96,87 toneladas al año.

3.4. Producción de oxígeno

La producción de oxígeno se genera durante la reacción química de la fotosíntesis:

$6CO_2 + 6H_2O - C_6H_{12}0_6 + 60_2$ (2)

Por tanto, tiene una relación directa con la cantidad de carbono secuestrado, el cual está vinculado a la biomasa del árbol. En la Tabla 2 se representa la producción de oxígeno de las especies más abundantes estudiadas, así como la relación directa con el secuestro bruto de carbono.

Tabla 2. Producción de oxígeno y área foliar de las especies más representativas de Zulema (en verde especies que producen más oxígeno por pie)

Especie	Nº de pies	Oxígeno (tonelada métrica)	Secuestro bruto de carbono (tonelada métrica)	Área foliar (hectáreas)	Media Oxigeno/pie (tonelada métrica/pie)
Ulmus pumila	487	28,54	10,70	11,19	0,059
Cupressus arizonica	170	10,91	4,09	2,37	0,064
Pinus pinea	402	9,60	3,60	6,97	0,024
Cupressus sempervirens	191	6,06	2,27	1,18	0,032
Pinus halepensis	180	4,29	1,61	4,83	0,024
Melia azedarach	127	2,92	1,09	0,56	0,023
Cedrus deodara	86	2,13	0,80	0,98	0,025

Ligustrum sp	112	1,28	0,48	0,11	0,011
Platanus x hispanica	35	0,77	0,29	0,38	0,022
Cedrus atlantica	37	0,67	0,25	0,39	0,018
Robinia pseudoacacia	46	0,62	0,23	0,21	0,013
Olea europaea	56	0,56	0,21	0,46	0,01

En términos generales, considerando la totalidad del arbolado presente en Zulema la producción total de oxígeno (O_2) es de 70 toneladas al año.

Considerando la media de oxígeno producido por pie, se pueden definir a los olmos, arizónicas, cipreses, pinos y cedros como las especies que más volumen de oxígeno generan.

- Un olmo de Zulema aporta 59 kg de oxígeno al año.
- Un ejemplar de arizonica: 64 kg de oxígeno al año.
- Un pino piñonero - 24kg de oxígeno al año.

3.5. Valor estructural y funcional

Valores estructurales del arbolado estudiado:

Tabla 3. Resumen de valores estructurales.

Valor estructural	2,61 millones de euros
Almacenamiento de carbono	80.600 €
Total valores estructurales	2.690.600 €

Valores funcionales del arbolado estudiado. Lo representa el conjunto de parámetros analizados en apartados anteriores, se agrupan como un conjunto de los beneficios derivados de las funciones del árbol.

Tabla 4. Resumen de valores funcionales.

Secuestro de carbono	4.240 €/año
Eliminación de la contaminación	619 €/año
Total valores funcionales	4.859 €/año

Estos son valores estimados para un año, teniendo en cuenta la edad media del arbolado (20 - 30 años), se puede hacer una extrapolación aproximada del valor funcional total que ha generado el arbolado durante su desarrollo. Para una edad media de 25 años el valor funcional total del bosque urbano estudiado rondaría la cifra de 120.000 €.

*NOTA: Se trata de una consideración aproximada pues los beneficios generados no son iguales todos los años, si no que se ven incrementados con el desarrollo de los árboles.

3.6. Valor de importancia (I.V – "Importance Value")

El valor de importancia tiene en cuenta tanto la cantidad de árboles por los que se encuentra representada la especie como el área foliar. Las principales especies de árboles en cuanto a su valor de importancia (IV) se muestra en la Tabla 5 y Figura.

Tabla 5. Especies más destacadas del inventario realizado, en cuanto a su valor de importancia.

Especie	Porcentaje población (%)	Porcentaje de área foliar (%)	Valor de importancia (I.V)
Ulmus pumila	23,7	36,5	60,2
Pinus pinea	19,6	22,7	42,3
Pinus halepensis	8,8	15,7	24,5
Cupressus arizonica	8,3	7,7	16
Cupressus sempervirens	9,3	3,9	13,2
Melia azedarach	6,2	1,8	8
Cedrus deodara	4,2	3,2	7,4
Ligustrum	5,5	0,4	5,8
Olea europaea	2,7	1,5	4,2
Cedrus atlantica	1,8	1,3	3,1
Platanus x hispanica	1,7	1,2	2,9
Robinia pseudoacacia	2,2	0,7	2,9

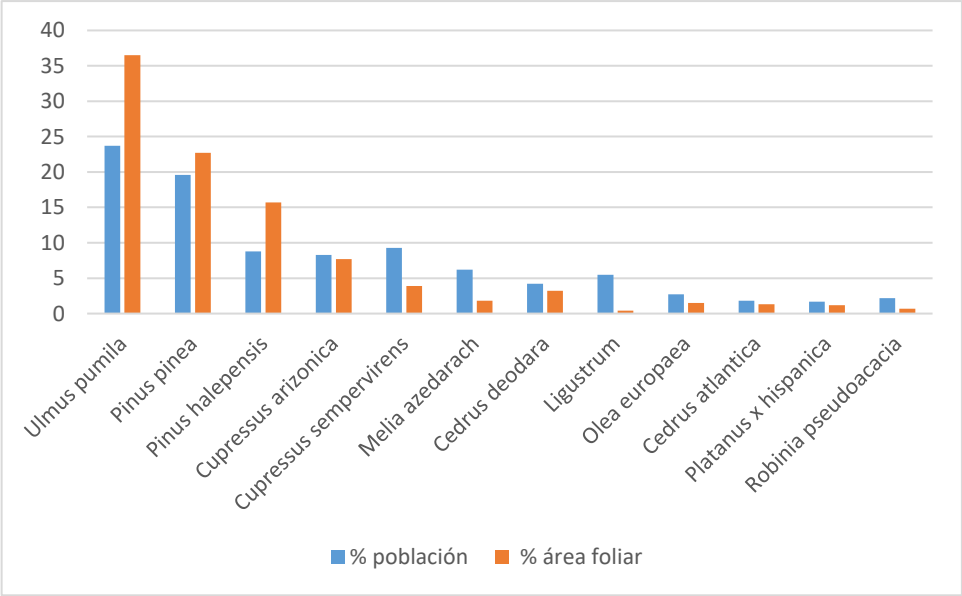


Figura 8. Representación de las especies de mayor importancia en función del número y área foliar.

Los olmos y pinos son los que alcanzan una mejor consideración, lo que representa un valor de gran interés durante los procesos de selección de especies para implantar en el territorio, de tal manera que se maximicen los beneficios generados por el arbolado.

3.7. Aplicación divulgativa y consultiva de los servicios ecosistémicos

Para poder consultar los resultados de cada ejemplar estudiado se realizó una aplicación en ARCGIS que puede descargarse desde la página web del Ayuntamiento de Villalbilla. De esta manera, la

información de los servicios ecosistémicos está disponible para cualquier ciudadano que desee conocer los beneficios ambientales que le proporcionan el arbolado urbano de su entorno.

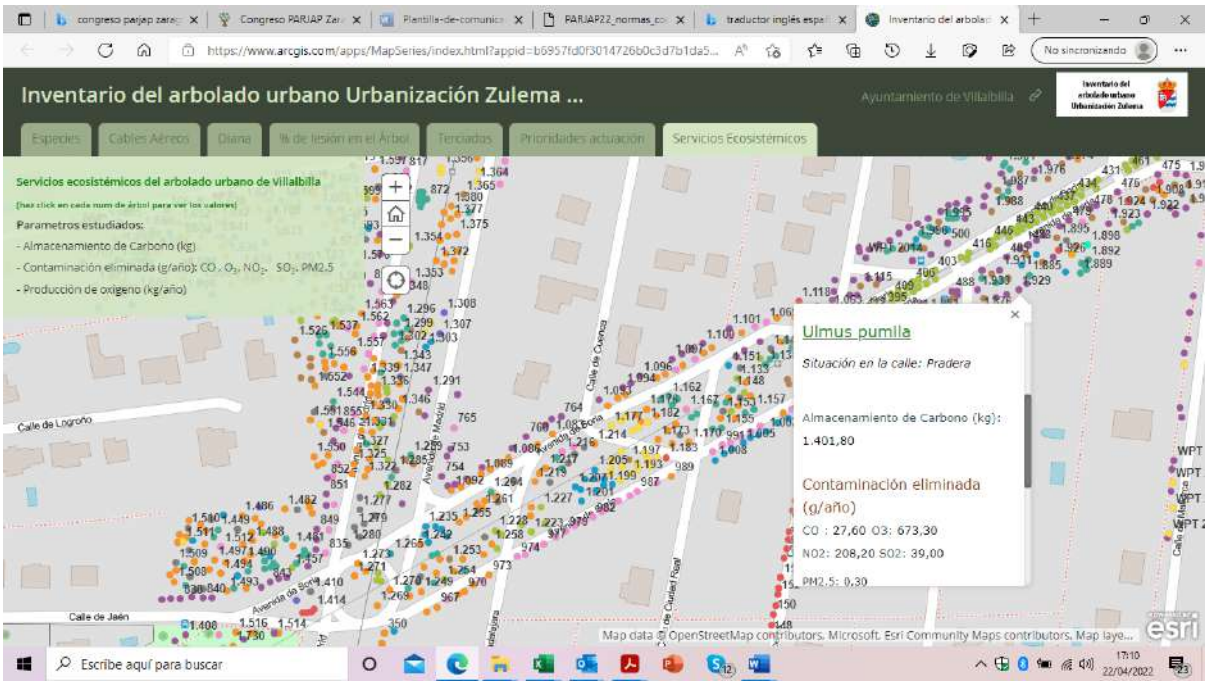


Imagen 7. Visor ArcGIS para visionar los servicios ecosistémicos de cada uno de los árboles.

3.8. Resumen de beneficios y relación con la superficie foliar.

Con el objetivo de obtener una visión general y alcanzar una mayor comprensión de los resultados obtenidos, se ha diseñado una tabla con las 12 especies más representativas del arbolado del área estudiada en base al valor de importancia calculado previamente (IV). Las especies se encuentran ordenadas de mayor a menor importancia, mostrando para cada una de ellas la media de los servicios ecosistémicos producidos por pie, además se incorpora una columna que representa la media del área foliar de cada especie.

La finalidad del siguiente análisis es evaluar y visualizar gráficamente la influencia del área foliar en la producción de servicios ambientales, teniendo en cuenta para ello las especies más representativas del territorio estudiado.

Según se puede observar en la tabla adjunta, son las especies con mayor área foliar las que proporcionan una cantidad superior de servicios, una influencia que será desarrollada con más detalle en el apartado de discusión.

Tabla 6. Análisis de las especies más representativas en base a sus valores medios. En color verde se encuentran marcados aquellos valores más altos para cada parámetro considerado y en naranja los valores mínimos.

Especie	IV	Media Eliminación de contaminantes/pie	Media Almacenamiento de carbono/pie	Media secuestro de carbono/pie	Producción de oxígeno/pie	Media área foliar/pie
Ulmus pumila	60,2	0,0003	0,4087	0,0220	0,0586	0,0230
Pinus pinea	42,3	0,0002	0,1746	0,0090	0,0239	0,0173
Pinus halepensis	24,5	0,0003	0,2582	0,0089	0,0238	0,0268
Cupressus arizonica	16	0,0002	0,4649	0,0241	0,0642	0,0139

Cupressus sempervirens	13,2	0,0001	0,3112	0,0119	0,0317	0,0062
Melia azedarach	8	0,0001	0,0818	0,0086	0,0230	0,0044
Cedrus deodara	7,4	0,0001	0,1250	0,0093	0,0248	0,0114
Ligustrum sp	5,8	0,0000	0,0288	0,0043	0,0114	0,0010
Olea europaea	4,2	0,0002	0,0475	0,0038	0,0100	0,0082
Cedrus atlantica	3,1	0,0003	0,0986	0,0068	0,0181	0,0105
Platanus x hispanica	2,9	0,0003	0,0800	0,0083	0,0220	0,0109
Robinia pseudoacacia	2,9	0,0000	0,0391	0,0050	0,0135	0,0046

3.9. Comparativa de ejemplares

Se han seleccionado 4 árboles del inventario, 2 olmos y 2 cipreses, con tamaños diferentes para realizar una comparativa entre los servicios proporcionados por un ejemplar de dimensiones reducidas con otro de mayor tamaño.

Se tratan de ejemplares con condiciones altas de salud y sin estar terciados, para conseguir una comparación lo más real y precisa posible.

Como se puede observar en la tabla, los ejemplares con el triple de tamaño consiguen multiplicar considerablemente los servicios ecosistémicos, multiplicando por 12 la eliminación de contaminantes, en el caso del olmo y por 31 en el caso del ciprés. El valor del almacenamiento de carbono llega a ser 11 veces más en las dos especies, mientras que la producción de O_2 y secuestro de carbono se multiplica por 4, en el caso del olmo y por 2, en el caso del ciprés.

A través de esta comparativa entre ejemplares de distinto tamaño, queda de manifiesto el incremento producido en los beneficios proporcionados por los árboles a medida que aumentan sus dimensiones. Destacando especialmente la influencia de la copa, representada por el área foliar:

Tabla 7. Comparativa de ejemplares de distinto tamaño.



	Ulmus pumila		*Ulmus pumila*	*Cupressus sempervirens*		*Cupressus sempervirens*
D (cm)	41	x3	15	37	x3	11
H (cm)	11,4	x3	4,6	11		8
Área foliar (m2)	524,1	x12	44,9	136,7	x31	4,4
Eliminación de contaminantes (g/año)	695,4	x12	59,5	181,1	x31	5,8
Secuestro de carbono (kg/año)	29,3	x4	7,2	12,3	x2	5,3

Almacenamiento de carbono (kg)	481,7	x11	43,2	448,8	x11	40,5
Producción de oxígeno (kg/año)	78,2	x4	19,1	32,9	x2	14,1

3.10. Proyección del valor económico de los servicios ecosistémicos de los árboles en el tiempo

Con el fin de demostrar la importancia del seguimiento y manejo de los bosques urbanos se ha realizado una estimación de los beneficios ecosistémicos generados por el arbolado objeto de estudio hasta la fecha y la posible evolución en los próximos 15 años. Cómo se puede observar, el valor económico del arbolado se incrementa de forma considerable a medida que se desarrollan los ejemplares.

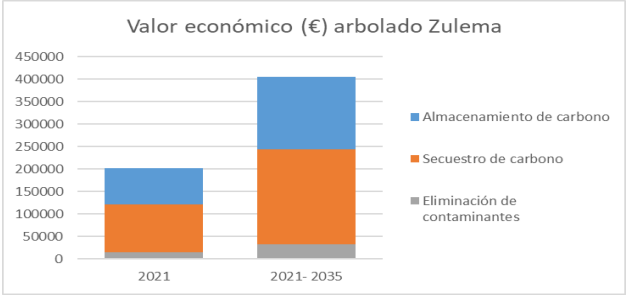


Figura 9. Estimación de la evolución del valor económico del arbolado de Zulema.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Importancia de la superficie foliar

En la Tabla 6 se observa, de manera evidente, que las especies que cuentan con un área foliar superior generan los valores más elevados para cada uno de los parámetros. Mientras que las especies con menor área foliar generalmente obtienen unos resultados inferiores.

Ligustrm sp y Robinia pseudoacacia son las especies que cuentan con menor área foliar de media, siendo a su vez los que peores resultados muestran para prácticamente el total de los servicios analizados. Por otra parte, especies como los pinos, olmos o arizónicas son los que presentan mayor área foliar obteniendo datos muy superiores para cada uno de los servicios propuestos.

Hay que destacar también especies como el plátano o el cedro que para valores de área foliar intermedios (amarillo) muestran buenos resultados principalmente en la fijación de contaminantes. Este hecho puede poner de manifiesto la importancia de emplear ejemplares adaptados a la contaminación, como el plátano, que favorece la presencia de pies sanos y mejoran los servicios ofrecidos. Además, es interesante la presencia equilibrada de árboles siempre verdes (cedros, cipreses, pinos) y otros caducifolios (olmos, melias), pues aseguran una producción más estable durante todo el año.

4.1.1. Relación entre el tamaño y los SE entre ejemplares de la misma especie

Según se muestra en la Tabla 7 el desarrollo y tamaño de los árboles tienen una influencia muy significativa con la cantidad de beneficios generados:

- **Un aumento en el área foliar del ejemplar genera un incremento de similares proporciones en la fijación de partículas contaminantes, existiendo una relación directa** (las partículas contaminantes se eliminan a través de las hojas) Resultado obtenido para ambas especies seleccionadas, tratándose de especies de características muy diferentes como son los olmos y los cipreses.

- De manera similar ocurre con la cantidad de carbono almacenado**, el aumento del tamaño tanto de la copa como del tronco de los árboles permite una mayor capacidad para retener y almacenar carbono en sus tejidos.**
- **Respecto al resto de parámetros (producción de oxígeno y secuestro de carbono) se produce un incremento más reducido con el tamaño de los ejemplares.** Sin embargo, como mínimo se duplican los beneficios proporcionados con el crecimiento de los individuos.

4.2. Planificación y gestión

Una vez comprobada la relación existente entre el área foliar y los servicios ecosistémicos proporcionados, es importante mencionar la necesidad de llevar a cabo buenas prácticas de mantenimiento del arbolado. Así la poda de terciado es una práctica ampliamente extendida en muchos Ayuntamientos españoles. Con este tipo de poda se reduce la longitud de las ramas y, por tanto, una reducción en el área foliar lo que supone una disminución similar en los servicios proporcionados por el árbol.

El olmo analizado en la Tabla 7 no se encuentra terciado y proporciona una gran cantidad de servicios ecosistémicos. Dicho árbol en caso de ser terciado tendría una considerable reducción en los servicios ambientales generados.

A través de una buena planificación en la que favorecer el desarrollo de un arbolado sano y vigoroso, se pueden maximizar los beneficios generados por los servicios ecosistémicos.

5. CONCLUSIONES

El análisis de los servicios ecosistémicos del arbolado permite tener una mayor concienciación sobre el valor de los bosques urbanos. **Cuantificar los beneficios proporcionados por el arbolado otorga una relevancia que hasta ahora no se había alcanzado, pues los servicios ambientales quedaban relegados a una posición secundaria durante los procesos de toma de decisiones y planificación, debido a la complejidad en su valoración.**

Los resultados totales obtenidos se muestran a modo resumen en la siguiente tabla.

Tabla 8. Cuadro resumen de los servicios ecosistémicos proporcionados por el arbolado inventariado.

Servicio ecosistémico	Cantidad (kg/año)	Valor económico
Fijación de contaminantes	407,3	619 € (año)
Almacenamiento de carbono	50.1482,9	80.600 €
Secuestro de carbono	26.416,2	4.240 € (año)
Producción de oxígeno	70.444	-
Valor estructural	-	2.610.000 €

Es importante destacar no solo las cifras en términos monetarios que permiten dar una mayor visibilidad a los recursos, si no, a la gran repercusión que tienen los servicios ambientales del arbolado sobre nuestra salud y bienestar:

- **Se fijan más de 400 kilogramos de partículas contaminantes al año**, mejorando la calidad del aire y disminuyendo la aparición de patologías respiratorias.

- **Actúan como sumideros de carbono, secuestrando y almacenando en sus tejidos grandes cantidades de este elemento**. Constituyendo una de las principales herramientas con las que mitigar el cambio climático.

- **Se producen más de 70.000 kilogramos de oxígeno al año**, indispensable para el desarrollo de la vida.

Además de estos beneficios los árboles proporcionan muchos otros beneficios directos e indirectos. El mantenimiento y el buen funcionamiento de los ecosistemas urbanos constituyen la base para un desarrollo sostenible del municipio, puesto que ejercen una influencia positiva en el bienestar del ser humano y en la actividad económica. De ahí, la importancia de incorporar valoraciones de este tipo en el desarrollo de planes de gestión. El arbolado de la zona de estudio está caracterizado por la falta de diversidad específica, junto a un escaso desarrollo de los ejemplares. **Una adecuada planificación que permita maximizar el desarrollo de los ejemplares, en condiciones de salud adecuadas, tendría consecuencias directas sobre los servicios ambientales.** Tal como se ha demostrado líneas arriba, potenciar un arbolado de mayor dimensión con una mayor proporción de copa, generaría un incremento en los servicios ecosistémicos producidos (mejor calidad del aire, sombra, incremento del valor estructural, componente estético…)

Desde el punto de vista de los beneficios ambientales, es importante elaborar planes y estrategias con las que maximizar el desarrollo del arbolado sano, guiándolo desde su plantación para evitar conflictos futuros derivados de una mala elección de especie o falta de espacio. Así como realizar unas correctas prácticas de mantenimiento, evitando abusar de prácticas como la poda de terciado.

Referencias

1. European Environment Agency, Guerreiro, C., Horálek, J., de Leeuw, F., Foltescu, V. y González Ortiz, A. (2015). *Air quality in Europe: 2015 report*. Publications Office.
2. Meerow, S., Newell, J. P. y Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*, 147, 38–49.
3. Geneletti, D. y Zardo, L. (2016). Ecosystem-Based Adaptation in Cities: an Analysis of European Urbanclimate Adaptation Plan. *Land Use Policy*, 50, 38–47
4. Oke, T. R. (1982). The energetic basis of urban heat island. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 108(455), 1-24..
5. Busato, F., Lazzarin, R. y Noro, M. (2016). The urban corridor of Venice and the case of Padua. En F. Musco (ed.), *Counteracting Urban Heat Island Effects in a Global Climate Change Scenario* (pp. 201-219).
6. Caselles, V., Lopez Garcia, M. J., Melia, J. y Perez Cueva, A. (1991). Analysis of the heat-island effect of the city of Valencia, Spain, through air temperature transects and NOAA satellite data. *Theoretical and Applied Climatology*, 43(4), 195-203.
7. Giannaros, T. M. y Melas, D. (2012). Study of the urban heat island in a coastal Mediterranean City: The case study of Thessaloniki, Greece. Atmospheric Research, 118, 103–120.
8. Paolini, L. y Gioia, A. (2012). Arbolado y calentamiento en el gran San Miguel de Tucumán. En A. Grau, A. Kortsarz, *Guía de arbolado de Tucumán* (pp. 3-10). Universidad Nacional de Tucumán.
9. MEA. (2005). Evaluación de Ecosistemas del Milenio. *Ecosystems and human wellbeing: synthesis.* Island Press, Washington, DC.
10. Kampa, M.; Castanas, E. (2008) Human health effects of air pollution. *Environmental pollution*, vol. 151, no 2, p. 362-367.
11. Calderón-Garcidueñas, L.; VILLARREAL-RÍOS, R. (2017) Living close to heavy traffic roads, air pollution, and dementia. *The Lancet*, vol. 389, no 10070, p. 675-677.
12. Nowak, D.J., Hirabayashi, S., Bodine, A., Greenfield, E. (2014). Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. Environmental Pollution. 193:119-129.
13. Van Essen, H.; Schroten, A.; Otten, M.; Sutter, D.; Schreyer, C.; Zandonella, R.; Maibach, M.; Doll, C. (2011). *External Costs of Transport in Europe*. Netherlands: CE Delft. 161 p.

14. Nowak, D.J. (1994). Atmospheric carbon dioxide reduction by Chicago's urban forest. In: McPherson, E.G.; Nowak, D.J.; Rowntree, R.A., eds. *Chicago's urban forest ecosystem: results of the Chicago Urban Forest Climate Project*. Gen. Tech. Rep. NE-186. Radnor, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station: 83-94.

15. Nowak, D.J.; Crane, D.E.; Stevens, J.C.; Ibarra, M. (2002). Brooklyn's urban forest. Gen. Tech. Rep. NE-290. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station. 107 p.

La Gobernanza de la gestión de los árboles urbanos

Simone Borelli[1]

1 División Forestal, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)

Resumen: La presentación cubrirá la importancia de la gobernanza en el contexto de la planificación, el diseño y la gestión de los espacios verdes urbanos y se centrará más específicamente en los beneficios de los procesos participativos. También proporcionará una breve descripción de las actividades de la FAO en la silvicultura urbana.

Palabras clave: gobernanza, arboles urbanos, participación ciudadana, FAO

---

1. Introducción

Aunque un gran número de estudios y actividades de campo han demostrado el potencial de la silvicultura urbana y periurbana (SUP) para aumentar la sostenibilidad ambiental, económica y social de las comunidades urbanas, la SUP aún no se reconoce como un factor estratégico para el desarrollo futuro de las ciudades. En consecuencia, solo unos pocos países han implementado planes de acción o estrategias nacionales que toman en cuenta las contribuciones potenciales de los bosques y árboles para enfrentar los desafíos a largo plazo de las ciudades y han abordado el tema de la gobernanza de este capital natural.

Asimismo, debido a la complejidad de los procesos de gobernanza en las zonas urbanas, la SUP se enfrenta a retos específicos como la competencia por el uso del suelo, la financiación inadecuada y, sobre todo, la ausencia de un diálogo efectivo entre los diversos actores sociales, los responsables políticos y los responsables de la toma de decisiones.

Sin embargo, cualquiera que sea su definición, la gobernanza de una ciudad moderna implica una transición fundamental desde el concepto de gobierno centralizado hasta el de gobernanza compartida, en la cual todas las partes interesadas tienen la responsabilidad del desarrollo político, la planificación y la gestión. Las reglas del juego abarcan tanto la gobernanza de los bosques urbanos por sí mismos, como la función que tienen esos bosques y árboles en la gobernanza urbana en general.

Un marco eficaz de gobernanza requiere la formulación de las políticas necesarias, incentivos, normas y reglamentos con la ayuda de un enfoque de múltiples actores y sectores que tenga plenamente en cuenta todas las dimensiones económicas, sociales y ambientales relevantes. Por consiguiente, la gobernanza forestal urbana debería tratar de integrar la gestión de toda la infraestructura verde en una ciudad, que a menudo está bajo la responsabilidad de varias autoridades. Debería abarcar tanto los árboles públicos como los privados, es decir, la cubierta arbórea de la ciudad.

En particular, la gobernanza de los bosques urbanos y periurbanos tiene que ser:

- *Estratégica* - La gobernanza estratégica de los bosques urbanos entraña el reconocimiento del valor de los servicios ecosistémicos que éstos suministran, además de la adopción de soluciones basadas en la naturaleza como herramientas estratégicas de gobernanza para mejorar los entornos urbanos y reducir el coste de la administración de la ciudad. También requiere la gestión y colaboración, con sólidos conocimientos, entre la municipalidad y los centros de conocimiento relevantes, a fin de garantizar que los bosques urbanos se consideren parte integral de la infraestructura de una ciudad
- *Integrada* - La "integración" es un aspecto clave de la gobernanza urbana y la SUP sufre de una falta de esa integración. La gobernanza eficaz de los bosques urbanos requiere políticas y normas que armonicen el abanico de intereses en las áreas urbanas y desarrollen y consoliden una perspectiva común, además de acciones de colaboración para la infraestructura verde en y alrededor de las ciudades.

- *Inclusiva* - Hay mucho que ganar si se aumenta la participación pública en la toma de decisiones sobre el entorno vital urbano; se aumentaría la legitimidad de las decisiones y el apoyo del público a éstas, se aumentaría la sensibilidad sobre la importancia de los bosques urbanos y se mejorarían las decisiones mismas. Para lograr la gobernanza inclusiva se requiere la evaluación de: i) los tipos de actores (y sus funciones) que pueden asumir responsabilidades en un programa de gobernanza inclusiva de la SUP; ii) la actitud y la voluntad de la comunidad y de sus partes interesadas ante la participación en los programas de gobernanza.

  En el resto de mi presentación me centraré en este último aspecto, principalmente.

2. Participación comunitaria

En este sentido, quisiera recordar que el Convenio Europeo del Paisaje establece que el valor de un paisaje, es decir, un área cuyo carácter es el resultado de la acción y la interacción de factores naturales o humanos, solo se realiza plenamente con la participación activa de la comunidad local.

Los paisajes urbanos, construidos o abiertos, públicos o privados, interactúan continuamente con las comunidades urbanas, tanto directamente como indirectamente. Por lo tanto, la participación comunitaria no debe ser una opción sino un paradigma en la gobernanza de las ciudades y de los paisajes urbanos.

Los bosques urbanos y otros espacios verdes, desde la pequeña área abierta al final de la calle hasta el bosque a gran escala en la periferia urbana, son recursos en los que muchos actores tienen intereses compartidos. Cuando los parques públicos y otros espacios abiertos accesibles realmente "funcionan", se encuentran invariablemente en el centro de la vida de las personas: son lugares donde las personas se reúnen, caminan, juegan y disfrutan de la naturaleza.

Por lo tanto, la contribución que los bosques urbanos y otros espacios verdes pueden hacer a las localidades y, más ampliamente, a la calidad de vida en las ciudades se considera cada vez más como dependiente del nivel de compromiso entre los tomadores de decisiones, los profesionales (por ejemplo, planificadores, gerentes, diseñadores, investigadores y educadores) y las comunidades a las que sirven.

Porqué

Hay muchas razones para incluir a las personas en la planificación, el diseño y la gestión de los bosques urbanos y de los espacios verdes. Entre estas, me gustaría destacar las siguientes:

- Calidad - En la SUP, el objetivo final de la planificación y el diseño socialmente inclusivos es permitir que las personas aprovechen al máximo los beneficios de los bosques urbanos. La participación de las personas en una iniciativa puede mejorar el proceso de toma de decisiones y la calidad de los resultados
- Sentido de propiedad - un mayor sentido de propiedad es una razón importante para involucrar a la comunidad. Cuando las personas contribuyen a dar forma a su entorno de vida, es más probable que consideren que un área es "suya" y que la cuiden.
- Gestión de conflictos - Los conflictos sociales ocurren con frecuencia en los bosques urbanos porque estas áreas relativamente pequeñas deben satisfacer demandas altas y diversas de productos y servicios y pueden estar bajo la amenaza de conversión a otros usos más inmediatamente rentables. Las propuestas de nuevos desarrollos, por ejemplo, incluyen con frecuencia la eliminación de árboles maduros para maximizar el espacio disponible para la infraestructura gris. Las autoridades locales de planificación deben implementar políticas y procedimientos sólidos para garantizar que el desarrollo urbano no cause una pérdida permanente de servicios ecosistémicos. Reunir a las partes interesadas para generar entendimiento y desarrollar objetivos comunes es quizás la forma más efectiva de reducir los conflictos.

- Aprendizaje mutuo - Las personas están interesadas en lo que sucede en su entorno de vida. Sienten curiosidad por las ideas de los demás, les gusta aprender de los "profesionales", y quieren demostrar sus propias ideas y conocimientos. En los procesos participativos, los conocimientos y habilidades de los participantes pasan a primer plano, aportando conocimientos y capital intelectual significativos a los proyectos y poniendo en marcha procesos de aprendizaje mutuo entre profanos y expertos.

Dicho esto, involucrar a las partes interesadas y al público en general no es fácil porque hay muchos intereses y antecedentes que considerar. De hecho, la participación pública a menudo se aborda de manera técnica, pero la formulación de políticas y la planificación de los bosques urbanos involucran inevitablemente a una amplia gama de actores y relaciones sociales. La SUP puede verse como uno de los muchos medios para obtener una mayor participación comunitaria en la toma de decisiones a nivel municipal y para fortalecer la cohesión social.

Como

Para garantizar que el proceso funcione, existe una amplia gama de herramientas que pueden ayudar a las partes interesadas a contribuir a la planificación, el diseño y la gestión de los bosques urbanos. Sin embargo, cada situación es única y evolucionará por sí sola en algún momento de manera impredecible, tal vez impredecible. Establecer normas y reglas para los procesos participativos y utilizar las herramientas adecuadas ayudará a evitar conflictos a la hora de seleccionar proyectos, tomar decisiones sobre asignaciones presupuestarias y uso de recursos.

Un primer paso importante es llevar a cabo un diagnóstico comunitario para mapear los diversos actores y grupos de interés y evaluar las limitaciones y oportunidades. Identificar, contactar e involucrar a las partes interesadas "adecuadas" es crucial, particularmente porque es probable que surjan preguntas sobre la legitimidad y representatividad de los participantes. De hecho, el proceso no debe limitarse a aquellos con un interés directo en el SUP, y debe fomentar una amplia gama de intereses, incluidos los actores internos, externos o recién llegados. Los actores internos pueden ser propietarios de tierras, usuarios de la tierra, personas que viven en la comunidad y profesionales responsables de la planificación, creación, manejo y mantenimiento de los bosques urbanos. Los actores externos pueden ser individuos, organizaciones, agencias y tomadores de decisiones que operan más allá del área inmediata (o que usan el recurso solo periódicamente), expertos que no viven en el área o funcionarios electos que no están específicamente involucrados en la planificación, diseño o gestión de recursos. Los recién llegados pueden incluir jóvenes y nuevos grupos culturales, étnicos, sociales o de interés.

El establecimiento de mecanismos de apoyo para promover y sostener la participación activa de los diversos actores es por lo tanto crucial, y se deben implementar estrategias para lograr un equilibrio entre empoderamiento, participación, educación, consultación y implementación práctica. De manera más general, se debe encontrar el espacio para permitir que el proceso participativo crezca y se desarrolle y encuentre su nivel óptimo en un contexto dado, ya sea un plan para nuevos bosques urbanos, un programa de plantación de árboles en las calles o una estrategia de árboles en toda la ciudad. Las organizaciones no gubernamentales locales y los equipos de investigación con un historial comprobado de colaboración con los gobiernos y las comunidades locales pueden ser útiles para proporcionar herramientas para guiar el cambio y garantizar una comunicación, información y consulta adecuadas.

La información producida en debates y diagnósticos participativos complementa los datos del gobierno local, y una relación de colaboración entre las partes interesadas puede aumentar la comprensión de los problemas y conducir a soluciones innovadoras. Además, incluir a todas las partes interesadas en un diálogo abierto y colectivo crea transparencia, lo que ayuda a generar confianza.

Es importante asegurarse de que se tengan en cuenta las sensibilidades culturales. El carácter cada vez más multicultural de las sociedades urbanas contemporáneas crea desafíos y oportunidades para la gestión de los bosques urbanos y otros espacios verdes. Por lo tanto, siempre que sea posible, los elementos educativos, consultivos y participativos de las estrategias comunitarias deben brindarse a través de diversos eventos y actividades diseñados para promover la inclusión social y fomentar la participación de las comunidades marginadas.

Además, en los programas exitosos de participación ciudadana, la brecha entre las expectativas de los planificadores y los participantes debe ser mínima, ya que es probable que haya conflicto si difieren.

Esto podría afectar el proceso de planificación y dañar la reputación de la agencia de planificación y su relación con las partes interesadas. Es importante recordar que, en los procesos de participación comunitaria, la calidad es más importante que la cantidad. A medida que se desarrolla un proceso participativo, las medidas de éxito deben incluir cada vez más evaluaciones cualitativas.

Y, por último, los silvicultores y urbanistas deben tener en cuenta que, si bien la participación pública suele ser un requisito para los responsables de la toma de decisiones, siempre es voluntaria para los ciudadanos, quienes tienen más probabilidades de participar si anticipan una experiencia gratificante y pueden influir en la planificación diseño y gestión.

Ejemplos

Hay muchos ejemplos de este enfoque en todo el mundo. Por ejemplo, Boscoincittà (El bosque en la ciudad), en Milán, es un proyecto de reforestación urbana basado en una serie de procesos de codiseño y cogestión que involucran escuelas, asociaciones, instituciones locales y ciudadanos. Nació con la idea inicial de tener un "bosque natural" que uniera los suburbios con el centro urbano y tenía como objetivo contrarrestar los efectos de la urbanización, desarrollar áreas verdes recreativas, promover la cohesión social y el bienestar y mejorar la conectividad con las áreas periurbanas. La creación de un Centro Forestal Urbano (CFU) como órgano de cogestión del parque para apoyar al Director y al equipo técnico del Parque fue un paso decisivo para impulsar la inclusión social y tomar en consideración las necesidades reales de los habitantes del conurbano.

Como otro ejemplo, en Santiago de Chile, los más pobres viven en barrios de zonas aisladas, donde existen altos niveles de inseguridad y acceso a los espacios públicos, y en particular a las áreas verdes. Algunas comunas, como El Bosque y La Florida, tienen, respectivamente, solo 1,8 y 3,3 metros cuadrados de área verde por habitante, mientras que las comunas en zonas de altos ingresos superan los 8 metros cuadrados. La Fundación Mi Parque ha estado trabajando con las comunidades para mejorar las condiciones de sus espacios públicos a través de esquemas de planificación participativa y trabajo voluntario. El programa generó un aumento en el uso y mantenimiento de los lugares, una disminución en la percepción de inseguridad y un aumento en la participación de la comunidad y las organizaciones.

Permítanme ahora dedicar unos minutos ahora a hablar sobre el trabajo de la FAO en esta área.

3. El trabajo de la FAO

Si bien tradicionalmente la FAO se ha centrado en las zonas rurales, el rápido ritmo de urbanización y los desafíos relacionados con los medios de vida y el medio ambiente han llevado a la Organización a centrar progresivamente su atención también en las zonas urbanas.

En este sentido, la FAO apoya la mejora de los procesos de gobernanza de diferentes maneras.

En 2020, por ejemplo, la FAO lanzó la Iniciativa Ciudades Verdes, cuyo objetivo es ayudar a los países a mejorar su entorno urbano mediante el fortalecimiento de los vínculos urbano-rurales y la resiliencia de los sistemas, servicios y poblaciones urbanos frente a las crisis externas. En este ámbito la FAO, ha trabajado en alianza con la Cámara Municipal de Praia, la Unión Europea y sobre todo la comunidad, para restaurar algunas áreas degradadas en la ciudad en Achada Grande Frente. Un espacio que era prácticamente un vertedero se ha transformado en un espacio agradable y con muchas valencias. El espacio, restaurado junto con la comunidad, ahora incluye un parque infantil y un parque de fitness totalmente equipado. Asimismo, cien familias recibieron especies frutales para sembrar alrededor de sus casas para mejorar sus medios de vida. La administración local ha apreciado mucho el enfoque seguido para mejorar la participación de la comunidad y ha decidido adoptar medidas similares en otras partes de la ciudad para recuperar espacios abandonados, valorizando el entorno de forma conjunta.

Además de apoyo técnico directo, la FAO produce documentos técnicos para ayudar a los profesionales a comprender mejor la planificación, el diseño y la gestión de los bosques urbanos y periurbanos, incluido el tema de la gobernanza. Las Directrices de la FAO sobre silvicultura urbana y periurbana, por ejemplo, están destinadas a una audiencia global que comprende a los responsables de la toma de decisiones, funcionarios públicos, asesores de políticas y otras partes interesadas y pretenden ser una referencia para el desarrollo de la silvicultura urbana y periurbana.

El programa Tree Cities of the World que fue desarrollado conjuntamente por la FAO y la Arbor Day Foundation también contribuye a concientizar las ciudades sobre la importancia de tener reglas claras para el gobierno de los bosques y arboles urbanos. El programa es un esfuerzo internacional para

reconocer a las ciudades y pueblos comprometidos a garantizar que sus bosques y árboles urbanos se mantengan adecuadamente, se gestionen de manera sostenible y se celebren debidamente. Para ser reconocida como una Tree City, una comunidad debe cumplir con cinco estándares básicos que ilustran el compromiso de cuidar sus árboles y bosques, también a través de la buena gobernanza. Hasta el momento, 137 ciudades de 20 países, de las cuales once en España, se han unido al programa.

La FAO también promueve la creación de redes como una forma de desarrollar capacidades y apoyar el intercambio de mejores prácticas a nivel regional y mundial. La FAO y sus socios han celebrado con éxito foros de silvicultura urbana en el Mediterráneo y en África, Asia y América Latina, asegurando que los principales los expertos de las regiones pudieron reunirse en persona o virtualmente para aprender unos de otros y desarrollar vías para una futura colaboración a nivel regional. La próxima reunión regional se realizará en América Latina a finales del 2022.

Para concluir, me gustaría reiterar que, en mi opinión, una gobernanza adecuada es fundamental para generar cambios ambientales y de comportamiento, y para mejorar la salud y el bienestar de las comunidades y sus miembros. Por lo tanto, es fundamental que los ciudadanos tengan una voz directa en las decisiones públicas sobre los paisajes en los que viven a través de acciones e iniciativas destinadas a profundizar la participación democrática.

Si están interesados en apoyar nuestro trabajo o simplemente desean obtener más información sobre lo que hacemos y tener acceso a los diferentes recursos mencionados anteriormente, visiten nuestros sitios web en:

https://www.fao.org/forestry/urbanforestry/en/

https://www.fao.org/green-cities-initiative/en/

4. Lecturas adicionales

FAO, 2016 - Directrices para la silvicultura urbana y periurbana (http://www.fao.org/3/i6210s/i6210s.pdf)

FAO, 2018 - Forests and sustainable cities: inspiring stories from around the world (https://www.fao.org/3/I8838EN/i8838en.pdf

FAO, 2020 – Green Cities - Action Programme: Building Back Better https://www.fao.org/3/cb0848en/cb0848en.pdf

The Future of Urban Forests: Creation and Ecological Management. The example of the City and Metropolis of LYON (France)

Daniel BOULENS

danielboulens@gmail.com

Summary: After 40 years of working in the field of public parks and gardens, Daniel Boulens retired in 2019. In his former position as director of Green Spaces in Lyon, the 3rd largest city in France, he was responsible for the development, maintenance, and event management of parks, which largely included the zoo and the botanical gardens. With a great team of 400 employees, his directorate oversaw the creation and maintenance of 435 hectares of city parks and gardens. Daniel Boulens team planted more than 20.000 trees during his professional career. Nowadays, he analyses opportunities, and the strengths and weaknesses of developing urban forests.

1. Introduction

Today, no one disputes the reality of climate change. In this context, public green spaces and trees are an important nature-based solution to limit the effects of heat in the city and to improve the well-being and health of urban residents. The positive effects of trees on human health have been widely described by scientists around the world.

In the past, the missions of public parks and gardens departments were focused on improving the living environment and beautifying cities.

2. Basis of presentation and methods

The results proposed in this presentation are the results of the author's 40 years of experience in the field of parks and gardens. The figures and references published during the conference are all publicly available on various websites.

3. The geographical, economical, structural, and political context

Lyon is at the crossroads of Northern and Southern Europe. It is the 3rd largest city in France, with a population of 525,000. Lyon is part of the Metropolis of Lyon, which has 1,700,000 inhabitants. The Metropole of Lyon is composed of 59 communes, and each commune is responsible for its own parks and gardens. The management of street trees is a strength of the Lyon Metropole. A global master plan offers a global vision and coherence to the green and blue networks, as well as defines the inventory and protection of nature and biodiversity.

The surface area of the municipality of Lyon is 4787 hectares, of which 435 hectares are public green spaces. There are 55,000 trees in Lyon's parks, managed by the Department of Green Spaces and 23,000 trees in the streets managed by the Metropolis.

The overall staff of the Green Space Department is 400. The overall operating budget is €20 million.

Lyon's Green Space Department was the first in France to achieve the “zero chemicals in the public parks” goal and to obtain an ISO 14001 certification for its environmental management in 2007. Political factors are fundamental to city management.

In Lyon, the last municipal elections were won in July 2020 by an "ecologist" majority. The population was expecting strong changes in terms of air quality, transport, and the living environment.

The political will is strong, and the resources provided are substantial. The budget for nature in the city of Lyon amounts to €152 million, which is the city's second largest budget. It is three times higher than the budget of the previous term.

4. **Actions**

Here are some actions that have been developed recently in Lyon:

Rain Trees

Miyawaki forests

Urban vegetable gardens

Knowledge of urban biodiversity

"The Rain Trees

This is a project initiated by the European Union, called Life 'Artisan'. It aims to experiment with nature-based solutions to adapt territories to climate change. Creating rain trees means enlarging the footprints of trees in the city to allow rainwater to better infiltrate the soil instead of flowing into the sewers. The living environment is improved thanks to the vegetation at the base of the trees and the cooling effect developed by the trees.

"Miyawaki forests in Lyon".

Since 2021, 26 Miyawaki forests have been established in all the districts of Lyon. Their secret? Accelerated growth. What are the limits of these projects? In many cities in France, these forests are more of a political action to say that a lot of trees are being planted, but in my opinion, the public is being misled because with such a density of young trees planted per square meter, we will never be able to obtain large trees... On the other hand, the interest of these afforestation projects is above all to raise public and political awareness of the important role plants have in the city. And another major interest is the creation of refuge zones for biodiversity.

"Urban orchards"

This is a very interesting operation that deserves to be developed.

Nine orchards have been created. They represent a surface area of 5,000 m2, with 1,200 plants of about ten varieties. The choice of species was based on the territory's heritage species such as the Burlat cherry, the Williams pear and the vine peach.

"The knowledge of biodiversity".

If we want to protect and develop biodiversity, we need to know about it. This is an important task that has been undertaken for over 20 years by the Green Space Department with the help of naturalist associations. More than 2,900 species have been inventoried and a precise map has been published!

5. **Canopy plan**

The current canopy cover of the Lyon Metropole represents:

- 27% of the territory
- 14,500 ha
- 3 million trees

80% of the trees in the Metropolis are privately owned. There is a real territorial imbalance between the east and west of the urban area.

The objectives of the Canopy Plan can be summarized with the figures 30/30, namely

- To increase the canopy surface area from 27% to 30% by 2030

- By planting nearly 300,000 trees in the area by 2030

The Metropolis' Canopy Plan consists of 4 major axes:

- To perpetuate and develop the tree heritage
- Promote the well-being and mobilisation of citizens
- Unite professionals around the Canopy Plan
- Improve knowledge and develop new practices

The Metropolis budget approves a "Nature Plan" of €44M, double that of the previous mandate, to fight against the effects of global warming and restore biodiversity.

The redevelopment of Boulevard Garibaldi and the development of the Confluence district are very good and successful examples.

6. Various subjects developed in the lecture

- The financial value of trees.
- Which trees to plant for tomorrow, considering climate change?
- Anthropocene and new tools such as Lidar
- Tactical greening

7. Conclusions

We have seen in this presentation that the development, creation and management of an urban forest depends on several factors:

- Knowledge and identity of the territory
- Knowledge of the existing situation, such as the biodiversity atlas
- The maintenance of existing trees
- The technical and political will to plant and to maintain

But also, through the development of concrete tools, such as

- The financial evaluation of the tree heritage and trees in general
- Tools such as Lidar, which allows the development of maps to define action plans
- The implementation of tactical urban planning
- Plantations that are sometimes symbolic, such as street gardens, Miyawaki forests, or urban orchards

But the strongest actions must be carried out across urban planning and road services, to reduce the place of the car in the cities and free up space for vegetation and pedestrian uses.

Finally, urban forests can only be developed by involving private owners and helping them to develop and maintain a tree heritage on their private land.

The future is in our hands, each of us at our level can and must act.

We contribute to climate change through our consumption patterns, but we can also be the solution to a better future for future generations.

PATROCINADORES















MEDIA PARTNERS






PARJAP
ZARAGOZA2022
aepjp.es