

Impacto del arbolado urbano en la reducción de metales pesados: un análisis de la percepción ciudadana

Impact of urban trees on heavy metal reduction: analyzing citizen perception

Blanca Catalina Ramírez-Hernández¹, Javier Eugenio García de Alba Verduzco¹,
Paulina Beatriz Gutiérrez-Martínez^{2*}

¹Departamento de Ecología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Camino Ramón Padilla Sánchez No. 2100 Nextipac, Zapopan, Jalisco, Mexico. CP. 45200.

²Departamento de Ciencias Ambientales, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Camino Ramón Padilla Sánchez No. 2100 Nextipac, Zapopan, Jalisco, Mexico. CP. 45200. Tel. +52 33 3777 1150 Ext.: 33106.
paulina.gutierrez@academicos.udg.mx

*Autor de correspondencia

Resumen

Palabras clave:

Contaminación;
biofiltros; mitigación;
percepción social.

Los árboles urbanos son importantes para reducir la contaminación atmosférica por metales pesados. En este estudio se evaluó la capacidad de tres especies de árboles para reducir metales pesados atmosféricos y se analizó la percepción ciudadana y el consenso cultural de habitantes del municipio de Guadalajara sobre la acumulación de metales pesados en las hojas de los árboles urbanos. Los resultados muestran que las hojas de *Ficus microcarpa* retuvieron más cadmio (Cd) y níquel (Ni), y se observó una reducción del 30% de todos los metales analizados con el lavado de las hojas. Los datos de percepción revelan diferencias según la edad y la escolaridad, pero resalta que el 52% de los participantes consideran que los metales pesados se acumulan en las hojas de los árboles. Se requieren políticas basadas en datos para mitigar la contaminación atmosférica; además, de integrar las percepciones de los ciudadanos en la planificación urbana.

Abstract

Keywords:

Pollution; biofilters;
mitigation; social
perception.

Urban trees play a key role in reducing atmospheric heavy-metal pollution. In this study, we evaluated the capacity of three tree species to reduce airborne heavy metals and analyzed citizen perceptions and cultural consensus among residents of the municipality of Guadalajara regarding heavy-metal accumulation in urban tree leaves. Our results show that *Ficus microcarpa* leaves retained the highest concentrations of cadmium (Cd) and nickel (Ni), and that leaf washing removed approximately 30% of all analyzed metals. Perception data revealed differences associated with age and educational level; however, notably, 52% of participants believe that heavy metals accumulate in tree leaves. These findings underscore the need for data-driven policies to mitigate atmospheric pollution, as well as the importance of integrating citizen perspectives into urban planning.

Recibido: 29 de agosto de 2024

Aceptado: 23 de julio de 2025

Publicado: 18 de febrero de 2026

Cómo citar: Ramírez-Hernández, B. C.; García, J. E.; & Gutiérrez-Martínez, P. B. (2026). Impacto del arbolado urbano en la reducción de metales pesados: un análisis de la percepción ciudadana. *Acta Universitaria*, 36, e4367. doi: <https://doi.org/10.15174/au.2026.4367>

Introducción

Los árboles urbanos desempeñan un papel fundamental en la reducción de la contaminación del aire al funcionar como filtros naturales que acumulan metales pesados (Ferrini *et al.*, 2020). Este proceso tiene lugar cuando los contaminantes se depositan en las hojas o en el suelo circundante y son absorbidos a través de las raíces (He *et al.*, 2023).

Los organismos sésiles como los árboles urbanos, al estar en contacto con el aire, son los principales receptores de contaminantes atmosféricos (Guarino *et al.*, 2021). En este sentido, las hojas de los árboles urbanos permiten evaluar los niveles de metales pesados y ofrecen una solución económica para la detección de la contaminación ambiental (Perri *et al.*, 2024). Además, pueden acumular entre 4.7 t y 64.5 t de contaminantes como partículas de 2.5 micras (PM_{2.5}) (Wang & Tassinari, 2024), las cuales contienen metales pesados como cadmio (Cd), níquel (Ni) y plomo (Pb) (Saldarriaga-Noreña *et al.*, 2011). Y aunque la proporción de estos contaminantes en el PM_{2.5} es pequeña, pueden tener un enorme impacto en la salud de la población (Mohsenibandpi *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2021), ya que por su pequeño tamaño, buena estabilidad química y buena composición, el PM_{2.5} puede ser fácilmente absorbido a través del sistema respiratorio (Cao *et al.*, 2012; Zhou *et al.*, 2023), causando irritación e inflamación, trastornos pulmonares, enfermedades cardiovasculares, afecciones cardíacas e incluso carcinogénesis (Sun *et al.*, 2024).

Contaminantes como el Pb afectan al desarrollo intelectual en niños; además, las partículas de Pb emitidas por los vehículos podrían causar daños en el ADN de trabajadores en las autopistas (Li *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2021). Asimismo, el Cd y el Ni son elementos carcinógenos, y su inhalación excesiva se asocia con el desarrollo de cáncer respiratorio (Assi *et al.*, 2016; Briffa *et al.*, 2020; Cobbina *et al.*, 2015; Mukherjee *et al.*, 2022; Sun *et al.*, 2024). Por tanto, la planificación de espacios verdes urbanos es una estrategia para conservar la salud pública (Wang & Tassinari, 2024).

Por otro lado, comprender cómo la sociedad percibe los beneficios de los árboles urbanos ayuda a minimizar la resistencia potencial y obtener un apoyo sostenido para la conservación a largo plazo de los árboles (Curşeu & Schruijer 2017). El conocimiento empírico que tienen los habitantes puede ser un elemento más en la comprensión que tiene la sociedad con el ambiente. Marques *et al.* (2020) definen la percepción ambiental como "la forma en que los individuos ven, comprenden y se comunican con el medio ambiente, considerando la influencia ideológica de cada sociedad". Por ello, si el ser humano amplía su grado de conciencia ecológica, posiblemente tendrá una relación más responsable con el ambiente (Marques *et al.*, 2020). En este sentido, la participación ciudadana no solo promueve la inclusión y da voz frente a las necesidades locales, sino que también enriquece la investigación y las estrategias que abordan la contaminación del aire desde diversas perspectivas, considerando la percepción social de quienes experimentan estos problemas ambientales a diario (Collins *et al.*, 2019).

Esta perspectiva se complementa con otros estudios que ilustran la complejidad de la contaminación atmosférica desde la perspectiva de quienes la experimentan cotidianamente, destacando la importancia de la percepción social en la formación de opiniones, juicios y comportamientos (Ramírez, 2015). Por consiguiente, la comprensión social es fundamental para identificar y abordar los impactos sociales, desde iniciativas de concientización y cuidado de los árboles hasta el desarrollo de políticas públicas efectivas (Mayorga *et al.*, 2020).

Con base en lo anterior, se plantean los siguientes objetivos: 1) estudiar la capacidad de tres especies de árboles urbanos (*Psidium guajava*, *Ficus microcarpa* y *Eucalyptus camaldulensis*) para retener y/o acumular metales pesados (Cd, Ni y Pb) en sus hojas y 2) analizar la percepción ciudadana y el consenso cultural de los habitantes del municipio de Guadalajara, Jalisco (Figura 1).

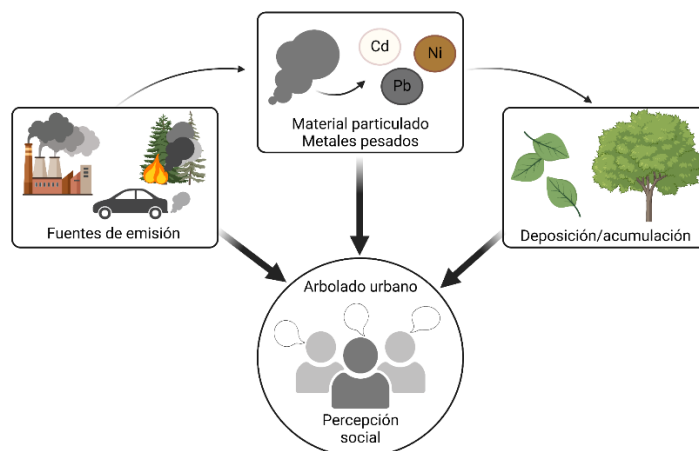


Figura 1. Objetivos del estudio.

Fuente: Elaboración propia, creado con BioRender.com.

De este modo, se busca comprender tanto el papel de los árboles urbanos en la reducción de los metales pesados como la relación de las percepciones ciudadanas y la importancia de fomentar una participación comunitaria, apoyada en la comprensión social de los beneficios que estos árboles brindan en los entornos urbanos.

Materiales y métodos

Este estudio adopta un enfoque mixto en el que se integra información cuantitativa y cualitativa. Para esto se desarrollaron dos etapas: la primera con datos sobre la acumulación y/o deposición de metales pesados en las hojas de tres especies de árboles urbanos, y la segunda con datos sobre la percepción de habitantes del municipio de Guadalajara sobre la contaminación y la acumulación de metales pesados en las hojas de árboles.

Área de estudio

El municipio de Guadalajara es la capital del estado de Jalisco y forma parte del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG). Se localiza en la región centro del estado en las coordenadas 20° 36' 40" con 20° 45' 00" N y 103° 16' 00" con 103° 24' 00" O, a una altitud de 1580 metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.). Su clima es semicálido-semihúmedo, su temperatura media anual es de 21.7 °C y tiene una precipitación media anual de 998 mm. El municipio de Guadalajara limita con los municipios de Zapopan al norte y oeste, con Tonalá al este y con San Pedro Tlaquepaque al sur (Peniche-Camps & Cortez-Huerta, 2020) (Figura 2).

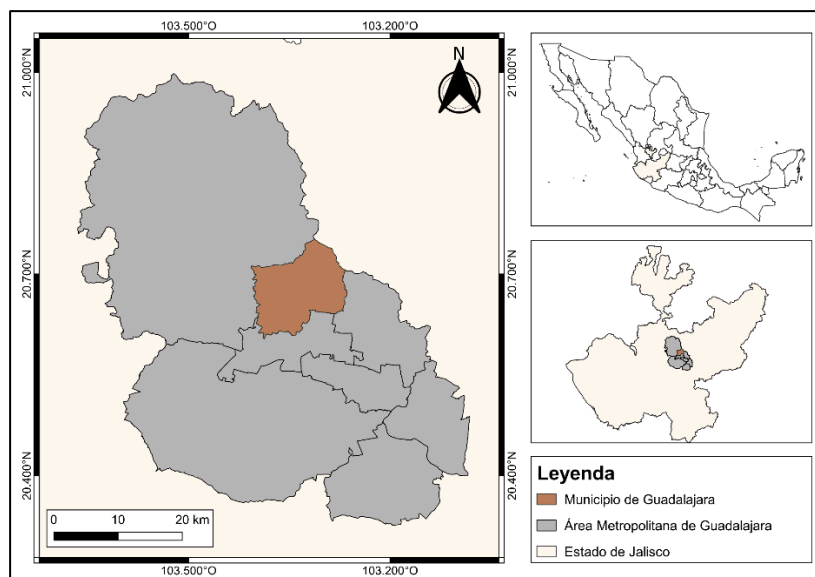


Figura 2. Ubicación del municipio de Guadalajara, Jalisco, México.
Fuente: Elaboración propia.

Etapas 1: Muestreo de material vegetal y análisis de metales pesados

En este estudio las especies seleccionadas fueron *Psidium guajava*, *Ficus microcarpa* y *Eucalyptus camaldulensis*, que se encuentran ubicadas en calles y avenidas de Guadalajara (Figura 3).



Figura 3. Especies seleccionadas.
Fuente: Elaboración propia.

Para cada sitio de muestreo se recolectaron aproximadamente 200 g de hojas, las cuales se colocaron en bolsas de polietileno y se almacenaron a -20 °C. Cada muestra se dividió en dos partes: una parte se lavó y la otra se dejó sin lavar. Se realizaron dos lavados, el primero fue con agua corriente y el segundo con agua desionizada (Figura 4).

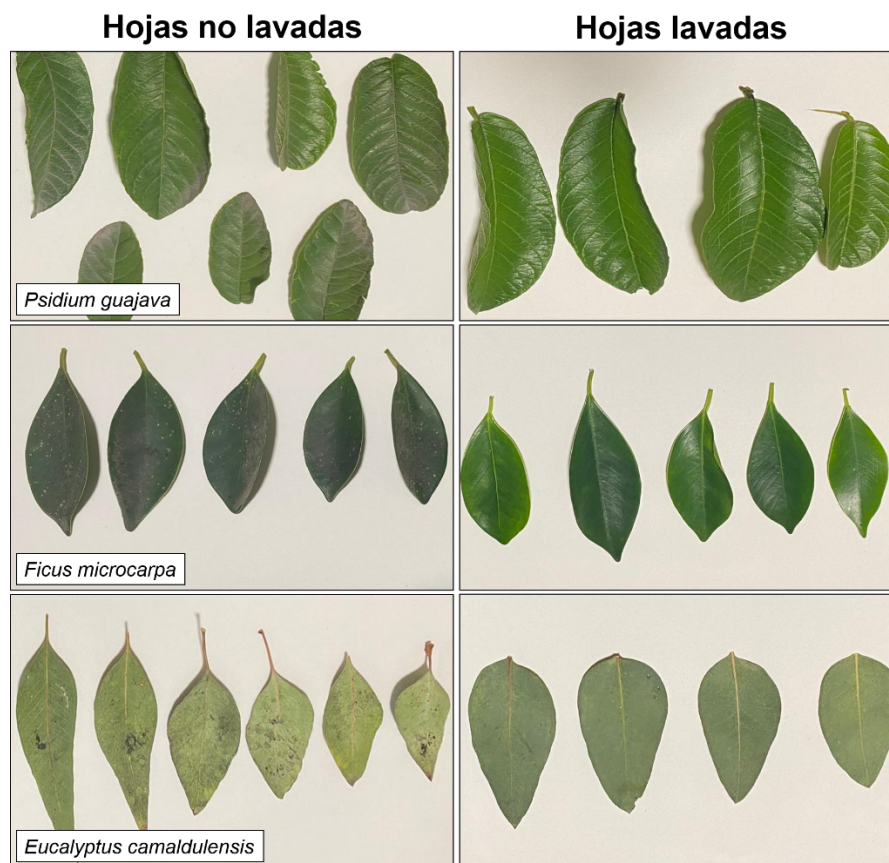


Figura 4. Hojas no lavadas y lavadas de las especies estudiadas.

Fuente: Elaboración propia.

Para la determinación de Cd, Ni y Pb, las muestras fueron colocadas en una estufa de secado a 80 °C hasta obtener un peso constante y después fueron trituradas y homogenizadas. Posteriormente, las muestras fueron procesadas mediante el procedimiento de digestión ácida; se pesaron 0.8 g de cada muestra y se calcinaron a 550 °C durante 2 h. Las cenizas fueron solubilizadas con HCl y HNO₃ (3:1) a 95 °C durante 3 h, se filtraron con papel filtro Whatman No. 42 y se llevaron a 100 ml con agua desionizada. Las concentraciones de los metales pesados se determinaron mediante espectrometría de absorción atómica (VARIAN AA240FS) en las siguientes longitudes de onda: Cd: 228.8 nm, Ni: 232.0 nm y Pb: 224.8 nm, y se realizaron las curvas de calibración con soluciones estándares (0 mg L⁻¹, 0.05 mg L⁻¹, 0.2 mg L⁻¹, 0.4 mg L⁻¹ y 0.8 mg L⁻¹).

Etapas 2: Percepción social

Con la finalidad de analizar la percepción social sobre las principales fuentes de contaminación atmosférica, así como la deposición y/o acumulación de metales pesados en las hojas de los árboles urbanos, se aplicó una encuesta a habitantes del municipio de Guadalajara para comprender su percepción en relación a la capacidad que tienen los árboles urbanos de retener o acumular contaminantes atmosféricos como los metales pesados en sus hojas.

Se aplicó la encuesta a personas mayores de 18 años que aceptaran realizar la encuesta de manera voluntaria otorgando su consentimiento informado como requisito de acceso al cuestionario. Asimismo, en dicho cuestionario se estableció el aviso de privacidad y confidencialidad, el cual garantiza el anonimato y confidencialidad individual de sus respuestas. La encuesta es estructurada y se compone de los siguientes apartados: 1) política de privacidad; 2) datos sociodemográficos; 3) percepción sobre las principales fuentes de contaminación atmosférica, contenido de metales pesados en el aire y percepción en relación a la acumulación de los metales pesados en las hojas del arbolado urbano (Anexo 1).

Las respuestas fueron clasificadas con una escala Likert usando los siguientes valores: 1 = totalmente en desacuerdo, 2 = en desacuerdo, 3 = ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4 = de acuerdo y 5 = totalmente de acuerdo. La encuesta fue compartida en línea mediante un formulario de Google Forms®, obteniendo un total de 178 respuestas válidas de agosto de 2023 a marzo de 2024. Siendo de carácter cualitativo y con un tamaño de muestra no probabilístico, el tamaño mínimo de muestra es de 30 a 50 encuestas (Hernández-Sampieri *et al.*, 2014).

Finalmente, los datos fueron agrupados por factores estructurales que influyen en las diferentes percepciones, como el género (en este estudio nos referimos al género como femenino y masculino, haciendo referencia al conjunto de atributos biológicos que se asocian a las características físicas y fisiológicas al nacer, es decir, mujeres y hombres), la edad y la escolaridad. La variable de escolaridad fue agrupada como: a) educación básica (primaria y secundaria), b) bachillerato, c) licenciatura y d) posgrado (maestría, especialidad y doctorado).

Análisis estadístico

Los resultados de los metales pesados se expresaron como la media $\pm$ desviación estándar; la normalidad se verificó mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homocedasticidad con la prueba de Levene. Se realizó un análisis de varianza (Anova) seguido de la prueba de Tukey. Los resultados de las encuestas se presentan como porcentajes; la normalidad se verificó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para esto, se utilizó el *software* estadístico IBM SPSS Statistics 21.1.0.

Posteriormente, para las encuestas se realizó un análisis de varianza unidireccional no restringido basado en permutaciones (Permanova), seguido de comparaciones por pares. Se creó una matriz de similitud de Bray Curtis, mientras que el análisis Permanova se realizó con 9999 permutaciones y suma de cuadrados tipo III. Para identificar las variables que más contribuyen a las diferencias observadas, se evaluó el porcentaje de disimilitud mediante el análisis de porcentaje de similitud (Simper, por sus siglas en inglés) con corte hasta el 50%. Los análisis Permanova y Simper se realizaron utilizando el *software* PRIMER v6.1.11 y PERMANOVA v1.01, siguiendo las metodologías de Anderson *et al.* (2008) y Clarke & Gorley (2006). Se consideró una diferencia significativa en el nivel $p \leq 0.05$.

Resultados

Concentración de metales pesados en hojas

Los resultados demuestran que contaminantes como Cd, Ni y Pb se depositan y acumulan en las hojas de los árboles. Las mayores concentraciones de Cd, Ni y Pb en las hojas no lavadas se observaron en las hojas de *F. microcarpa*. Se encontraron diferencias significativas en las concentraciones de Ni entre *F. microcarpa* y *P. guajava* ($p = 0.002$), de Cd entre *F. microcarpa* y *P. guajava* ($p = 0.018$), así como entre *F.*

microcarpa y *E. camaldulensis* para este mismo metal ($p = 0.013$). En cuanto al Pb en las hojas no lavadas, no se encontraron diferencias significativas ($p = 0.139$).

En las hojas lavadas, las mayores concentraciones de Cd y Ni se registraron en *F. microcarpa*, mientras que la mayor concentración de Pb se observó en las hojas de *E. camaldulensis*. Se observaron diferencias significativas en las concentraciones de Cd entre *F. microcarpa* y *E. camaldulensis* ($p = 0.036$), así como de Pb entre *E. camaldulensis* con *P. guajava* ($p = 0.001$) y *F. microcarpa* con *P. guajava* ($p = 0.037$). También se encontraron diferencias significativas entre las concentraciones en hojas no lavadas y lavadas ($p = 0.032$) (Tabla 1).

Tabla 1. Concentraciones de Ni, Cd y Pb en las hojas no lavadas y sin lavar (media $\pm$ DE, mg kg⁻¹).

Especie	Ni	Cd	Pb
Hojas sin lavar			
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	4.04 $\pm$ 1.14 ^{ab}	1.40 $\pm$ 0.47 ^b	16.31 $\pm$ 3.10 ^a
<i>Ficus microcarpa</i>	6.47 $\pm$ 2.50 ^a	2.43 $\pm$ 0.67 ^a	17.54 $\pm$ 8.05 ^a
<i>Psidium guajava</i>	3.12 $\pm$ 0.74 ^b	1.38 $\pm$ 0.54 ^b	9.93 $\pm$ 3.60 ^a
Hojas lavadas			
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	3.08 $\pm$ 1.19 ^a	0.95 $\pm$ 0.34 ^b	14.15 $\pm$ 4.89 ^a
<i>Ficus microcarpa</i>	3.88 $\pm$ 1.34 ^a	1.67 $\pm$ 0.69 ^a	10.50 $\pm$ 4.04 ^a
<i>Psidium guajava</i>	3.09 $\pm$ 0.51 ^a	0.97 $\pm$ 0.13 ^{ab}	4.49 $\pm$ 1.51 ^b

Nota. Letras diferentes indican diferencias significativas.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la diferencia entre las hojas no lavadas y lavadas -es decir, lo que retienen de contaminantes en la superficie de las hojas (polvo foliar)-, esta se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Retención de los metales pesados (mg kg⁻¹) en la superficie de las hojas.

Especie	Ni	Cd	Pb
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	1.316	0.598	0.713
<i>Ficus microcarpa</i>	2.584	0.812	7.039
<i>Psidium guajava</i>	0.104	0.410	4.615

Fuente: Elaboración propia.

La mayor cantidad de contaminantes retenidos en la superficie de los tres metales analizados se observa en las hojas de *F. microcarpa* en comparación con las otras dos especies. Cuando las hojas fueron lavadas, se observó una reducción de los metales pesados en *F. microcarpa*. de hasta 33.30% de Cd, 39.39% de Ni y 40.14% de Pb; en *E. camaldulensis* esta reducción fue de 32.09%, 29.89% y 13.27%, respectivamente; y en *P. guajava* fue de 29.60%, 3.34% y 54.76%, respectivamente. En promedio, se presentó el 30% de reducción de estos contaminantes al lavar las hojas, interpretándose que esta diferencia se debe a las partículas emitidas provenientes de la contaminación atmosférica.

Percepción social

Se obtuvo una participación de 105 mujeres (59%) y 73 hombres (41%); la participación de los grupos de edad fue la siguiente: 40% de 18 a 24 años, 24% de 25 a 34 años, 8% de 35 a 44 años, 12% de 45 a 54 años, 10% de 55 a 64 años y 6% de 65 o más años. En cuanto al nivel de escolaridad, la mayoría de los encuestados cuenta

con el nivel licenciatura (51%), seguido por los que tienen bachillerato (32%), educación básica (9%) y posgrado (8%) (Figura 5).

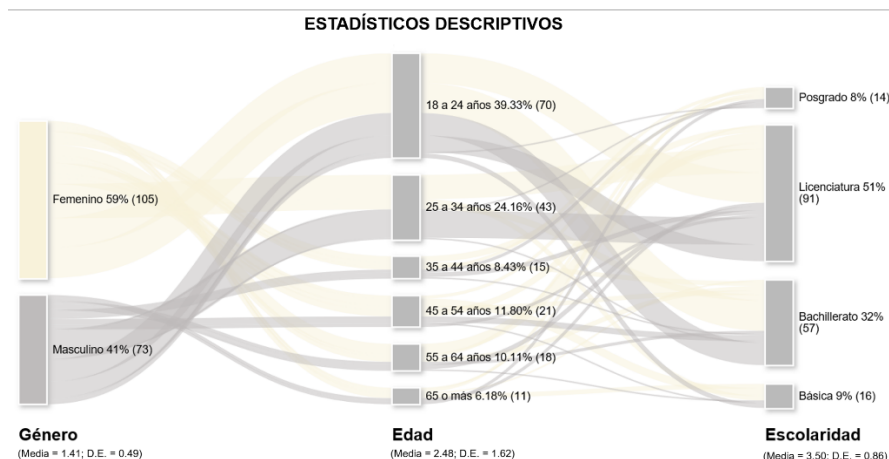


Figura 5. Estadísticos descriptivos de los datos sociodemográficos de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

De manera particular, los resultados muestran que los encuestados tienen una percepción generalizada de que el AMG tiene problemas de contaminación atmosférica, el 76% están totalmente de acuerdo y 20% de acuerdo. Con respecto con las fuentes que la población identifica como responsables de la contaminación del aire, los resultados muestran un amplio consenso, con más del 95% de los encuestados ubicando a los automóviles, la industria, el transporte de carga y los incendios forestales como principales emisores. Específicamente, el 70% de los participantes está totalmente de acuerdo y el 28% de acuerdo en que los automóviles son una fuente relevante de contaminación. Para la industria, el 72% está totalmente de acuerdo y el 25% de acuerdo. Un patrón similar se observa para el transporte de carga, donde el 66% se encuentra totalmente de acuerdo y el 31% de acuerdo. Finalmente, los incendios forestales concentran el mayor nivel de consenso, con 79% totalmente de acuerdo y 19% de acuerdo respecto a su contribución a la contaminación atmosférica (Anexo 2). En cuanto a su percepción sobre el contenido de metales pesados en los contaminantes atmosféricos, poco más del 80% consideran que sí están presentes (totalmente de acuerdo 45% y de acuerdo 38%); sin embargo, solo el 52% de los encuestados consideran que estos contaminantes pueden ser acumulados y/o depositados en las hojas de los árboles urbanos (Anexo 2).

Por otro lado, el análisis Permanova no arrojó diferencias significativas entre mujeres y hombres; no obstante, entre las variables edad y escolaridad sí se encontraron diferencias significativas ($p = 0.0082$ y $p = 0.0166$, respectivamente). De manera específica, estas diferencias se encontraron entre los grupos de edad de 18 a 24 años con los de 25 a 34 años ($p = 0.0121$) y de 55 a 64 años ($p = 0.0431$). Asimismo, el grupo de los 55 a 64 años mostró diferencias significativas con el grupo de los 35 a 44 años ($p = 0.0374$).

Con respecto al nivel de escolaridad, se encontraron diferencias significativas entre los encuestados con licenciatura y bachillerato ($p = 0.0185$), licenciatura y posgrado ($p = 0.0458$), bachillerato y educación básica ($p = 0.0056$), licenciatura y educación básica ($p = 0.0023$), posgrado y educación básica ($p = 0.0237$).

Sobre el análisis de porcentaje de similitud (Simper), el cual identifica las variables que contribuyen en mayor medida a las diferencias significativas observadas (Tabla 3), este muestra que la mayor diferencia en la percepción de los encuestados se encuentra cuando responden si consideran que en las hojas de los

árboles urbanos se pueden acumular y/o depositar metales pesados (promedio de 25.84% de disimilitud), seguido de su percepción en cuanto a si consideran que los contaminantes atmosféricos contienen metales pesados (promedio de 17.70% de disimilitud).

Tabla 3. Análisis Simper. Grupos que contribuyen principalmente a las diferencias significativas.

Pregunta*	Grupos	Contribución (%)	Acumulativo (%)
Metales pesados en las hojas (P7)	18 a 24 y	25.71	25.71
Metales pesados en la atmósfera (P6)	35 a 44 años	19.60	45.32
AMG problemas de contaminación (P1)		12.43	57.74
Metales pesados en las hojas (P7)	18 a 24 y	24.23	24.23
Metales pesados en la atmósfera (P6)	55 a 64 años	22.02	46.25
Automóviles generan la contaminación (P2)		14.16	60.40
Metales pesados en las hojas (P7)	55 a 64 y	27.58	27.58
Automóviles generan la contaminación (P2)	35 a 44 años	15.13	42.71
Metales pesados en la atmósfera (P6)		14.73	57.44
Metales pesados en las hojas (P7)	Licenciatura y	24.73	24.73
Metales pesados en la atmósfera (P6)	bachillerato	19.97	44.70
Transporte genera la contaminación (P4)		13.02	57.72
Metales pesados en las hojas (P7)	Licenciatura y	28.70	28.70
Metales pesados en la atmósfera (P6)	posgrado	18.88	47.58
Incendios generan la contaminación (P5)		13.14	60.72
Metales pesados en las hojas (P7)	Bachillerato y	21.70	21.70
Metales pesados en la atmósfera (P6)	educación básica	15.89	37.59
Automóviles generan la contaminación (P2)		12.80	57.68
Metales pesados en las hojas (P7)	Licenciatura y	28.54	28.54
Metales pesados en la atmósfera (P6)	educación básica	16.34	44.88
Automóviles generan la contaminación (P2)		12.80	57.68
Metales pesados en las hojas (P7)	Posgrado y	26.09	26.09
AMG problemas de contaminación (P1)	educación básica	16.01	42.10
Metales pesados en la atmósfera (P6)		14.24	56.34

Nota. *Versión abreviada de la pregunta (Anexo 1).

Fuente: Elaboración propia.

Esta disimilitud se reflejó en todas las variables de las preguntas mencionadas, siendo estas dos las que contribuyeron en mayor medida a las diferencias significativas de las variables edad (Figura 6) y escolaridad (Figura 7).

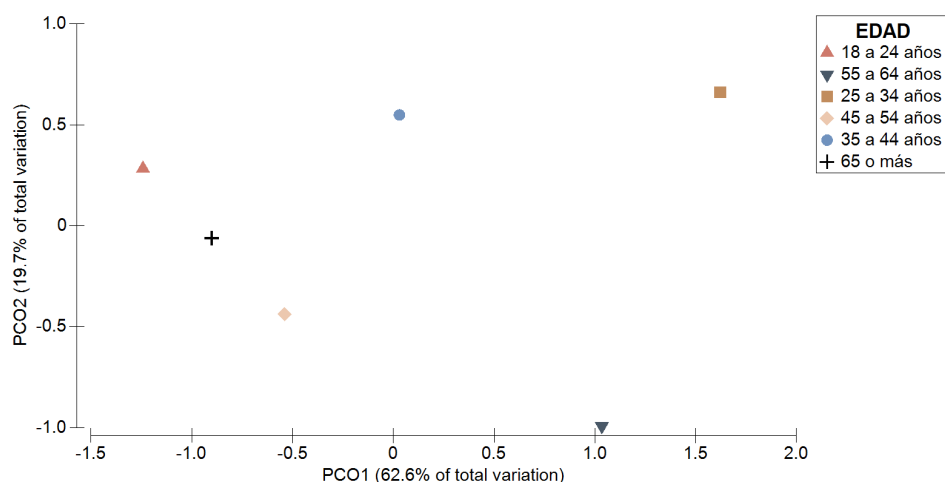


Figura 6. Análisis de coordenadas principales (PCO) de la variable edad. Las coordenadas principales muestran la mayor variabilidad en las respuestas (basado en el índice de similitud de Bray-Curtis).

Fuente: Elaboración propia.

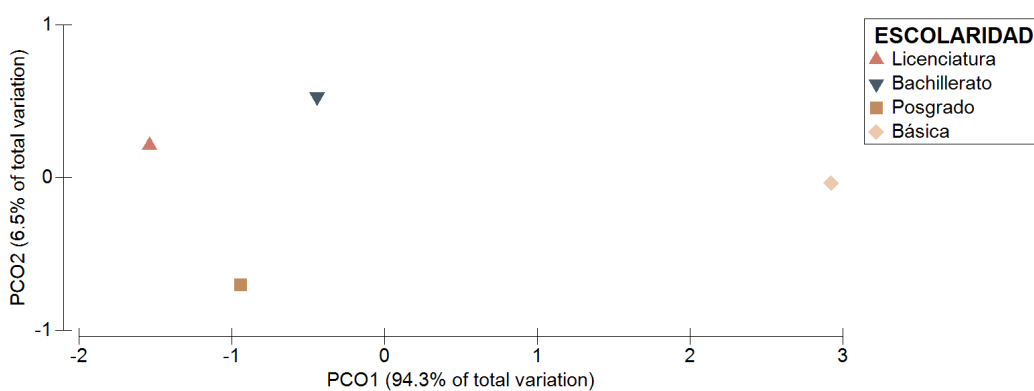


Figura 7. Análisis de coordenadas principales (PCO) de la variable escolaridad. Las coordenadas principales muestran la mayor variabilidad en las respuestas (basado en el índice de similitud de Bray-Curtis).

Fuente: Elaboración propia.

Discusión

Los resultados muestran que existen diferencias en la acumulación y deposición de Cd, Ni y Pb en las hojas de las tres especies analizadas. Las concentraciones de Cd y Ni en las hojas no lavadas de *F. microcarpa* pueden atribuirse a la alta capacidad que tiene para interceptar partículas del aire, lo que podría estar relacionado con la estructura de las hojas. El análisis de las hojas lavadas revela que *F. microcarpa* también muestra las mayores concentraciones de Cd y Ni, mientras que *E. camaldulensis* presenta la mayor concentración de Pb. Estas diferencias de acumulación y/o deposición de contaminantes están reguladas por las características anatómicas, morfológicas y fisiológicas de la planta. Debido a esto, el potencial que tienen los árboles urbanos para mitigar la contaminación del aire sigue siendo desconocido para muchas especies (Kumar *et al.*, 2021), ya que la acumulación y distribución de estos metales dependen de las especies (Filipović-Trajković *et al.*, 2012).

Es importante destacar que la acumulación de metales pesados se observa principalmente en las raíces, pero también se acumulan en las hojas de los árboles urbanos (Turkyilmaz *et al.*, 2018), actuando como filtros y, con ello, mejorando la calidad del aire (Fang *et al.*, 2021; Karmakar & Padhy, 2019). Asimismo, la diferencia de los metales analizados de las hojas no lavadas y lavadas muestra una reducción promedio del 30%, por lo que las partículas que quedan retenidas en las hojas son un buen indicador de la contaminación del aire, sin excluir los metales pesados que son absorbidos por las raíces (Figura 8).

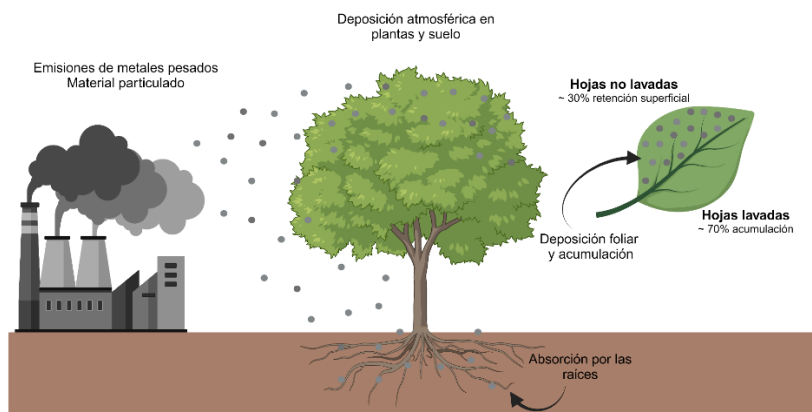


Figura 8. Representación esquemática de la deposición foliar y la absorción de metales pesados en las hojas de los árboles urbanos.

Fuente: Elaboración propia, creado con BioRender.com.

Este tipo de análisis proporciona un asesoramiento objetivo en la toma de decisiones sobre las especies de árboles para reforestar las ciudades (Uka *et al.*, 2021).

En ese sentido, este enfoque mixto permite generar inferencias sobre el conocimiento empírico relacionado con la percepción de la presencia de contaminantes en las hojas de los árboles, lo cual fue corroborado por la presencia de metales pesados en ellas. Además de generar información sobre cuáles son las especies de árboles más adecuadas para reforestar los espacios urbanos, es necesario integrar las percepciones ciudadanas y considerar las implicaciones sociales de los árboles en los espacios urbanos, puesto que esto permite que las personas desarrollen una conciencia ambiental más profunda (Marques *et al.*, 2020). Explorar los motivos sociales y explorar las creencias de las personas permite diseñar intervenciones ambientales más efectivas, ya que se pudiera pasar por alto factores clave que afectan la respuesta social. Así, se puede decir que el enfoque mixto permite integrar tanto datos cuantitativos como cualitativos, lo que favorece una comprensión más profunda de las dinámicas sociales y ambientales (Cuya *et al.*, 2021).

El éxito y el potencial a largo plazo de este tipo de estrategias ambientales dependen de cómo son percibidas y valoradas socialmente (García-Antúnez *et al.*, 2023). Las percepciones de las personas con respecto a los problemas ambientales afectan el comportamiento y la gobernanza, tienen un impacto notable en la contaminación y en las medidas de mitigación (Islam *et al.*, 2013; Liu *et al.*, 2022). En este sentido, se observaron diferencias significativas en la percepción entre los grupos de edad y escolaridad, siendo más marcadas entre los encuestados más jóvenes (18-24 años) y los de edades de los 25 a 34 años y de los 55 a los 64 años, así como entre los niveles educativos, con diferencias notables entre licenciatura y bachillerato, y entre licenciatura y educación básica. Esto sugiere que la forma en que se perciben los problemas ambientales puede variar significativamente, lo que a su vez puede influir en las acciones relacionadas con el medio ambiente.

A pesar de que un alto porcentaje de los encuestados reconoce que el AMG enfrenta problemas de contaminación atmosférica e identifica las principales fuentes de emisión, existe cierta incertidumbre respecto a la acumulación de contaminantes. Aunque muchos perciben que estos contaminantes contienen metales pesados, solo el 52% cree que pueden acumularse y depositarse en las hojas de los árboles urbanos. Además, el análisis de disimilitud indica que las percepciones sobre la acumulación y deposición de metales pesados en las hojas, así como la presencia de estos metales en los contaminantes atmosféricos, son los aspectos que más contribuyen a las diferencias significativas observadas en las opiniones de los encuestados. Esto sugiere que el mecanismo mediante el cual los árboles urbanos mitigan los contaminantes del aire no está del todo claro para los encuestados.

En este contexto, varios estudios han señalado que aumentar el conocimiento y la conciencia ambiental es fundamental para el éxito en la prevención y mitigación de la contaminación atmosférica (Al-Shidi *et al.*, 2021; Oltra & Sala, 2016). Por tanto, resulta esencial implementar estrategias educativas que faciliten la comprensión de cómo los árboles contribuyen a la calidad del aire, lo que podría fomentar un mayor compromiso con la protección del medio ambiente.

En un estudio realizado por García-Antúnez *et al.* (2023) centrado en el secuestro de carbono, los autores consideran que:

una exploración más profunda de las percepciones de los residentes sobre el secuestro y almacenamiento de carbono por la vegetación urbana es clave, ya que (i) revela la base cognitiva y las creencias con las que las personas harán juicios de aceptabilidad de soluciones basadas en la naturaleza orientadas al carbono y, por lo tanto, (ii) ayuda a anticipar posibles problemas de aceptabilidad social.

La ausencia de aceptación pública puede tener consecuencias, porque una misma medida puede generar una reacción positiva en una ciudad, pero puede ser rechazada en otra. Asimismo, los niveles de aceptación también pueden variar entre los individuos (Oltra *et al.*, 2021).

Las percepciones de las personas sobre la contaminación atmosférica y la acumulación de metales pesados en los árboles urbanos son cruciales para formular políticas efectivas que busquen mitigar esta problemática ambiental, lo que pone en perspectiva la importancia de implementar iniciativas a gran escala basadas en un entendimiento profundo de cómo los ciudadanos perciben esta situación. Por esta razón, los enfoques de métodos mixtos son cada vez más comunes y a menudo se utilizan para comunicar la "voz" de los participantes y proporcionar una exploración más integral y holística en ciertos temas de investigación (Mebratu *et al.*, 2023; O'Cathain *et al.*, 2007). Los estudios de las relaciones entre los actores sociales y el medio ambiente debe ser una investigación interdisciplinaria que fortalezca el conocimiento ambiental entre los actores para cambiar la conciencia pública y lograr una fuerte sostenibilidad (Liu *et al.*, 2022; Neumayer, 2013). Por lo tanto, los datos cuantitativos proporcionan una base objetiva sobre el problema ambiental, pero las percepciones sociales determinan cómo se recibe esta información y cómo las personas se comportan frente a ella, lo cual ofrece una visión más completa de la situación, tomando también en consideración los contextos sociales y culturales (Cuya *et al.*, 2021).

Además de ampliar el conocimiento de los servicios ambientales, se fomenta una mayor participación de la comunidad al valorar los árboles más allá de su aspecto estético. Este trabajo no solo proporciona información para la elección de especies específicas para la reforestación urbana, sino que también constituye un primer paso hacia la mejora de las políticas públicas en el municipio de Guadalajara al abordar la percepción de los ciudadanos, lo que puede facilitar la implementación de estrategias más efectivas y relevantes para el municipio y sus ciudadanos. Así, este estudio destaca la necesidad de políticas públicas basadas en datos científicos y sociales para abordar eficazmente la contaminación del aire en entornos urbanos, aprovechar el potencial de los árboles urbanos y considerar las percepciones públicas en la implementación de soluciones ambientales.

Conclusiones

Los resultados demuestran que las hojas de los árboles urbanos estudiados tienen una importancia ecológica al actuar como biofiltros de metales pesados. Las hojas de *F. microcarpa* tuvieron las mayores concentraciones de Cd y Ni, mientras que las hojas de *E. camaldulensis* presentaron la mayor acumulación de Pb. Esto resalta la necesidad de seleccionar adecuadamente las especies para la reforestación urbana, teniendo en cuenta su capacidad para acumular y retener contaminantes. El análisis también reveló que se redujo en promedio un 30% de metales pesados al lavar las hojas, sugiriendo que las partículas retenidas son un indicador de la contaminación del aire.

Por otro lado, la percepción social sobre la contaminación atmosférica y el papel de los árboles varía según la edad y el nivel educativo. A pesar de que un alto porcentaje de encuestados reconoce que el AMG tiene problemas de contaminación atmosférica, solo el 52% cree que los contaminantes pueden acumularse en las hojas, lo que refleja una falta de comprensión sobre el papel de los árboles en la mitigación de la contaminación por metales pesados. Además, las percepciones sobre la contaminación y el papel de los árboles urbanos varían según la edad y el nivel educativo, lo que puede influir en el comportamiento y la participación ciudadana en las iniciativas de reforestación.

Este estudio proporciona información para la futura selección de especies en la reforestación urbana y para mejorar las políticas públicas en Guadalajara al considerar la percepción ciudadana. Resalta la necesidad de generar políticas fundamentadas en datos científicos y sociales para abordar la contaminación del aire, aprovechando el potencial de los árboles urbanos y considerando las opiniones de la comunidad en la implementación de soluciones ambientales.

La integración de la cuantificación de los metales pesados en las hojas y la percepción ciudadana permite no solo validar la relevancia ecológica de los árboles urbanos como biofiltros, sino que también resalta la necesidad de desarrollar estrategias de educación ambiental que aborden la brecha existente entre los hallazgos científicos y las percepciones sociales.

Este estudio establece la base para crear políticas públicas que integren las percepciones sociales, lo que facilita su aceptación y éxito. Asimismo, se sugiere implementar estrategias educativas para aumentar la conciencia de los habitantes de Guadalajara sobre los beneficios de los árboles urbanos en relación con la interceptación y acumulación de metales pesados.

Agradecimientos

Los autores agradecen profundamente a los revisores por sus detallados comentarios y valiosas sugerencias, lo que ha contribuido significativamente a mejorar la calidad y claridad de este manuscrito.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Referencias

- Al-Shidi, H. K., Ambusaidi, A. K., & Sulaiman, H. (2021). Public awareness, perceptions and attitudes on air pollution and its health effects in Muscat, Oman. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 71(9), 1159-1174. <https://doi.org/10.1080/10962247.2021.1930287>
- Anderson, M. J., Gorely, R. N., & Clarke, K. R. (2008). *PERMANOVA+ Primer: Guide to Software and Statistical Methods*. PRIMER-E Ltd.
- Assi, M. A., Hezme, M. N. M., Haron, A. W., Sabri, M. Y. M., & Rajion, M. A. (2016). The detrimental effects of lead on human and animal health. *Veterinary World*, 9(6), 660-671. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.660-671>
- Briffa, J., Sinagra, E., & Blundell, R. (2020). Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon*, 6(9), e04691. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04691>
- Cao, Z., Yu, G., Chen, Y., Cao, Q., Fiedler, H., Deng, S., Huang, J., & Wang, B. (2012). Particle size: a missing factor in risk assessment of human exposure to toxic chemicals in settled indoor dust. *Environment International*, 49, 24-30. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.08.010>
- Clarke, K. R., & Gorley, R. N. (2006). *PRIMER v6: User Manual/Tutorial*. PRIMER.
- Cobbina, S. J., Chen, Y., Zhou, Z., Wu, X., Zhao, T., Zhang, Z., Feng, W., Wang, W., Li, Q., Wu, X., & Yang, L. (2015). Toxicity assessment due to sub-chronic exposure to individual and mixtures of four toxic heavy metals. *Journal of Hazardous Materials*, 294, 109-120. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.03.057>
- Collins, C. M. T., Cook-Monie, I., & Raum, S. (2019). What do people know? Ecosystem services, public perception and sustainable management of urban park trees in London, U.K. *Urban Forestry & Urban Greening*, 43, 126362. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.06.005>
- Curşeu, P. L., & Schrujier, S. G. (2017). Stakeholder diversity and the comprehensiveness of sustainability decisions: the role of collaboration and conflict. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 28, 114-120. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.09.007>
- Cuya, A., Glikman, J. A., Groenendijk, J., Macdonald, D. W., Swaisgood, R. R., & Barocas, A. (2021). Socio-environmental perceptions and barriers to conservation engagement among artisanal small-scale gold mining communities in Southeastern Peru. *Global Ecology and Conservation*, 31, e01816. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01816>
- Fang, T., Jiang, T., Yang, K., Li, J., Liang, Y., Zhao, X., Gao, N., Li, H., Lu, W., & Cui, K. (2021). Biomonitoring of heavy metal contamination with roadside trees from metropolitan area of Hefei, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 151. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-08926-1>
- Ferrini, F., Fini, A., Mori, J., & Gori, A. (2020). Role of vegetation as a mitigating factor in the urban context. *Sustainability*, 12(10), 4247. <https://doi.org/10.3390/su12104247>
- Filipović-Trajković, R., Ilić, Z. S., Šunić, L., & Andjelković, S. (2012). The potential of different plant species for heavy metals accumulation and distribution. *Journal of Food Agriculture & Environment*, 10(1), 959-964.
- García-Antúnez, O., Lampinen, J., Raymond, C. M., Gulsrud, N. M., & Olafsson, A. S. (2023). Unpacking public perceptions of carbon sequestration and storage in urban greenery: implications for the social acceptability of carbon-oriented nature-based solutions. *Nature-Based Solutions*, 4, 100087. <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2023.100087>
- Guarino, F., Improta, G., Triassi, M., Castiglione, S., & Cicatelli, A. (2021). Air quality biomonitoring through *Olea europaea* L.: the study case of "Land of pyres". *Chemosphere*, 282, 31052. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131052>
- He, L., Wang, S., Liu, M., Chen, Z., Xu, J., & Dong, Y. (2023). Transport and transformation of atmospheric metals in ecosystems: a review. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 9, 100218. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100218>

- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). Mc Graw Hill.
- Islam, M., Rana, M. P., & Ahmed, R. (2013). Environmental perception during rapid population growth and urbanization: a case study of Dhaka city. *Environment, Development and Sustainability*, 16(2), 443-453. <https://doi.org/10.1007/s10668-013-9486-5>
- Karmakar, D., & Padhy, P. K. (2019). Air pollution tolerance, anticipated performance, and metal accumulation indices of plant species for greenbelt development in urban industrial area. *Chemosphere*, 237, 124522. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124522>
- Kumar, A., Kumar, P., Singh, H., & Kumar, N. (2021). Adaptation and mitigation potential of roadside trees with bio-extraction of heavy metals under vehicular emissions and their impact on physiological traits during seasonal regimes. *Urban Forestry & Urban Greening*, 58, 126900. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126900>
- Li, P., Yu, J., Bi, C., Yue, J., Li, Q., Wang, L., Liu, J., Xiao, Z., Guo, L., & Huang, B. (2019). Health risk assessment for highway toll station workers exposed to PM_{2.5}-bound heavy metals. *Atmospheric Pollution Research*, 10(4), 1024-1030. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2019.01.011>
- Liu, H., Liu, H., & Cheng, Y. (2022). Illustrating the multi-stakeholder perceptions of environmental pollution based on big data: lessons from China. *Regional Sustainability*, 3(1), 12-26. <https://doi.org/10.1016/j.regsus.2022.03.003>
- Marques, V., Ursi, S., Lima, E., & Katon, G. (2020). Environmental perception: notes on transdisciplinary approach. *Scientific Journal of Biology & Life Sciences*, 1(3). <https://doi.org/10.33552/sjbls.2020.01.000511>
- Mayorga, C. M., Ruiz, M. E., & Aldas, D. S. (2020). Percepciones acerca de la contaminación del aire generada por el transporte urbano en Ambato, Ecuador. *Revista ESPACIOS*, 41(17). <https://1.revistaespacios.com/a20v41n17/20411711.html>
- Mebrahtu, T. F., McEachan, R. R. C., Yang, T. C., Crossley, K., Rashid, R., Hossain, R., Vaja, I., & Bryant, M. (2023). Differences in public's perception of air quality and acceptability of a clean air zone: a mixed-methods cross sectional study. *Journal of Transport & Health*, 31, 101654. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2023.101654>
- MohseniBandpi, A., Eslami, A., Ghaderpoori, M., Shahsavani, A., Jeihooni, A. K., Ghaderpoury, A., & Alinejad, A. (2018). Health risk assessment of heavy metals on PM_{2.5} in Tehran air, Iran. *Data in Brief*, 17, 347-355. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.01.018>
- Mukherjee, A. G., Wanjari, U. R., Renu, K., Vellingiri, B., & Gopalakrishnan, A. V. (2022). Heavy metal and metalloid - induced reproductive toxicity. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 92, 103859. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2022.103859>
- Neumayer, E. (2013). *Weak versus Strong Sustainability*. Elgaronline. <https://doi.org/10.4337/9781781007082>
- O'Cathain, A., Murphy, E., & Nicholl, J. (2007). Why, and how, mixed methods research is undertaken in health services research in England: a mixed methods study. *BMC Health Services Research*, 7(85). <https://doi.org/10.1186/1472-6963-7-85>
- Oltra, C., & Sala, R. (2016). Perception of risk from air pollution and reported behaviors: a cross-sectional survey study in four cities. *Journal of Risk Research*, 21(7), 869-884. <https://doi.org/10.1080/13669877.2016.1264446>
- Oltra, C., Sala, R., López-Asensio, S., Germán, S., & Boso, À. (2021). Individual-level determinants of the public acceptance of policy measures to improve urban air quality: the case of the Barcelona low emission zone. *Sustainability*, 13(3), 1168. <https://doi.org/10.3390/su13031168>
- Peniche-Camps, S., & Cortez-Huerta, M. (2020). La costumbre al envenenamiento: El caso de los contaminantes atmosféricos de la ciudad de Guadalajara, México. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(2), 1-19. <https://doi.org/10.15359/rca.54-2.1>
- Perri, G., Gargano, D., Randazzo, L., Calabrese, S., Brusca, L., Fuoco, I., Apollaro, C., & La Russa, M. F. (2024). Nature-based options for improving urban environmental quality: using black poplar trees for monitoring heavy metals pollution in urbanized contexts. *Resources*, 13(6), 85. <https://doi.org/10.3390/resources13060085>

- Ramírez, O. (2015). Identificación de problemáticas ambientales en Colombia a partir de la percepción social de estudiantes universitarios localizados en diferentes zonas del país. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 31(3), 293-310.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992015000300009&script=sci_arttext
- Saldarriaga-Noreña, H., Hernández-Mena, L., Murillo-Tovar, M., López-López, A., & Ramírez-Muñiz, M. (2011). Elemental contribution to the mass of PM_{2.5} in Guadalajara City, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 86(5), 490-494. <https://doi.org/10.1007/s00128-011-0240-0>
- Sun, M., Li, F., Li, Y., Chen, J., & Cheng, G. (2024). Assessing the ecological and health risks associated with heavy metals in PM_{2.5} based on their potential bioavailability. *Water Air & Soil Pollution*, 235, 306. <https://doi.org/10.1007/s11270-024-07118-0>
- Turkylmaz, A., Sevik, H., & Cetin, M. (2018). The use of perennial needles as biomonitors for recently accumulated heavy metals. *Landscape and Ecological Engineering*, 14(1), 115-120. <https://doi.org/10.1007/s11355-017-0335-9>
- Uka, U. N., Belford, E. J. D., & Elebe, F. A. (2021). Effects of road traffic on photosynthetic pigments and heavy metal accumulation in tree species of Kumasi Metropolis, Ghana. *SN Applied Sciences*, 3, 131. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-04027-9>
- Wang, H., & Tassinari, L. G. (2024). Association between greenspace morphology and prevalence of non-communicable diseases mediated by air pollution and physical activity. *Landscape and Urban Planning*, 242, 104934. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104934>
- Wang, S., Hu, G., Yu, R., Shen, H., & Yan, Y. (2021). Bioaccessibility and source-specific health risk of heavy metals in PM_{2.5} in a coastal city in China. *Environmental Advances*, 4, 100047. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2021.100047>
- Zhou, X., Xie, M., Zhao, M., Wang, Y., Luo, J., Lu, S., Li, J., & Liu, Q. (2023). Pollution characteristics and human health risks of PM_{2.5}-bound heavy metals: a 3-year observation in Suzhou, China. *Environmental Geochemistry and Health*, 45(7), 5145-5162. <https://doi.org/10.1007/s10653-023-01568-x>

Anexo 1

ENCUESTA

Árboles urbanos y contaminantes

El objetivo de esta encuesta es conocer su percepción con respecto a los árboles urbanos y contaminantes de Guadalajara. Su participación es voluntaria y le tomará alrededor de 10 minutos. Agradecemos su colaboración.

POLÍTICA DE PRIVACIDAD:

Los datos permanecerán en total anonimato y con respeto absoluto a su privacidad.

Género:

☐	Femenino
☐	Masculino
☐	Otro

Edad:

☐	18 a 24 años
☐	25 a 34 años
☐	35 a 44 años
☐	45 a 54 años
☐	55 a 64 años
☐	65 o más

Escolaridad:

☐	Primaria
☐	Secundaria
☐	Bachillerato
☐	Licenciatura
☐	Maestría/Especialidad
☐	Doctorado

Municipio residencia: _____

Correo electrónico (opcional): _____

P1. ¿Considera que el AMG tiene problemas de contaminación atmosférica?

☐	Totalmente en desacuerdo
☐	En desacuerdo
☐	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
☐	De acuerdo
☐	Totalmente de acuerdo

P2. En relación a las fuentes de emisión ¿Considera que los automóviles son los que generan la contaminación atmosférica en el AMG?

☐	Totalmente en desacuerdo
☐	En desacuerdo
☐	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
☐	De acuerdo
☐	Totalmente de acuerdo

P3. En relación a las fuentes de emisión ¿Considera que la industria es la que generan la contaminación atmosférica en el AMG?

☐	Totalmente en desacuerdo
☐	En desacuerdo
☐	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
☐	De acuerdo
☐	Totalmente de acuerdo

P4. En relación a las fuentes de emisión ¿Considera que el transporte de carga y transporte urbano son los que generan la contaminación atmosférica en el AMG?

☐	Totalmente en desacuerdo
☐	En desacuerdo
☐	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
☐	De acuerdo
☐	Totalmente de acuerdo

P5. En relación a las fuentes de emisión ¿Considera que los incendios forestales (e.g. el Bosque de La Primavera) es lo que genera la contaminación atmosférica en el AMG?

☐	Totalmente en desacuerdo
☐	En desacuerdo
☐	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
☐	De acuerdo
☐	Totalmente de acuerdo

P6. ¿Considera que los contaminantes atmosféricos contienen metales pesados como plomo, cadmio, níquel, etc.?

☐	Totalmente en desacuerdo
☐	En desacuerdo
☐	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
☐	De acuerdo
☐	Totalmente de acuerdo

P7. ¿Considera que en las hojas de los árboles urbanos se pueden acumular/depositar metales pesados?

☐	Totalmente en desacuerdo
☐	En desacuerdo
☐	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
☐	De acuerdo
☐	Totalmente de acuerdo

Agradecemos su colaboración

Anexo 2

¿Considera que el AMG tiene problemas de contaminación atmosférica?

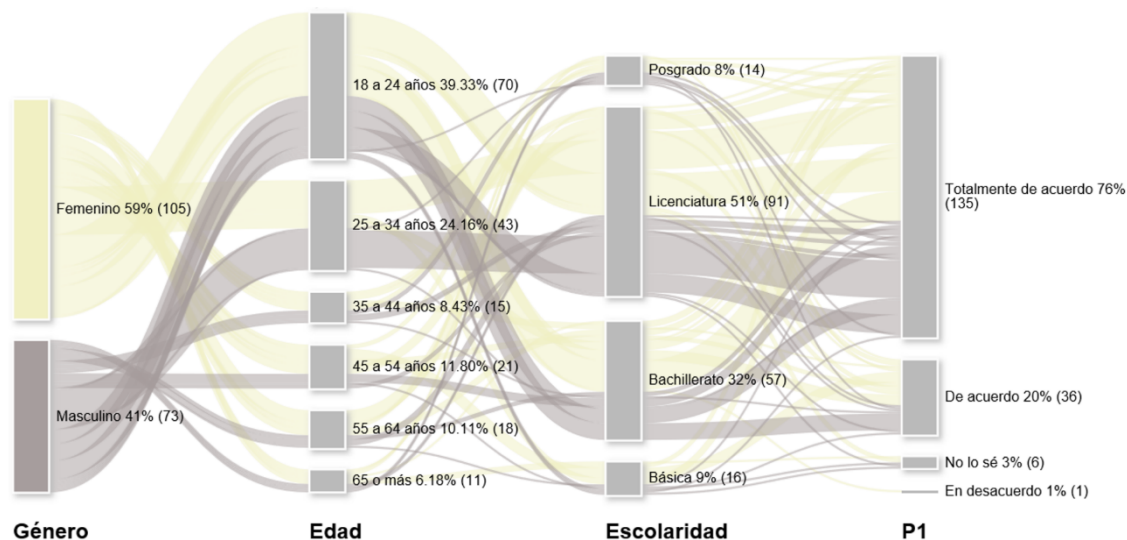


Figura 1. Diagrama de Sankey que muestra la relación entre género, edad y escolaridad de los encuestados y sus respuestas a la pregunta: "¿Considera que el AMG tiene problemas de contaminación atmosférica?".

Fuente: Elaboración propia.

En relación a las fuentes de emisión ¿Considera que los automóviles son los que generan la contaminación atmosférica en el AMG?

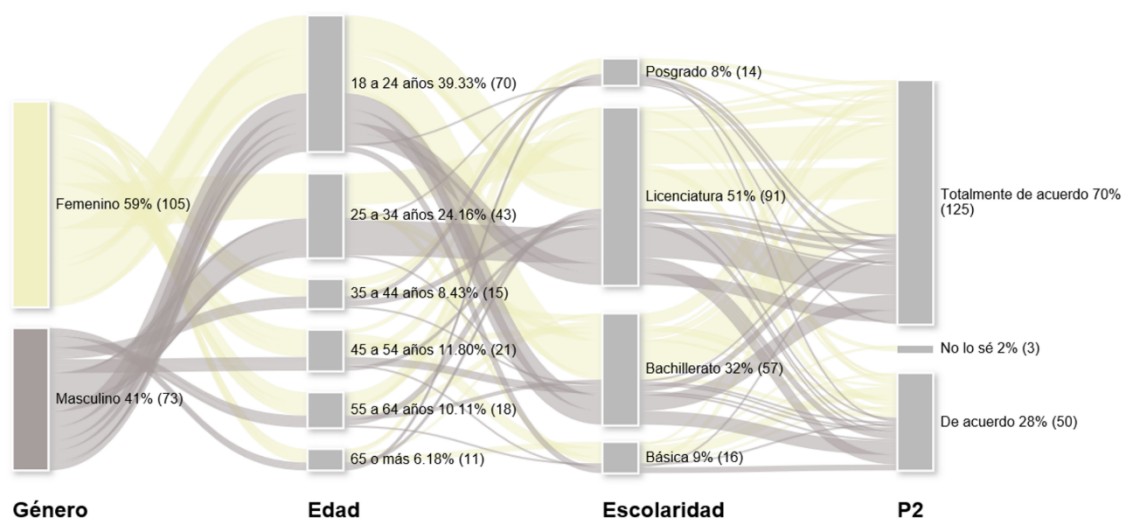


Figura 2. Diagrama de Sankey que muestra la relación entre género, edad y escolaridad de los encuestados y sus respuestas a la pregunta: "¿Considera que los automóviles son los que generan la contaminación atmosférica en el AMG?".

Fuente: Elaboración propia.

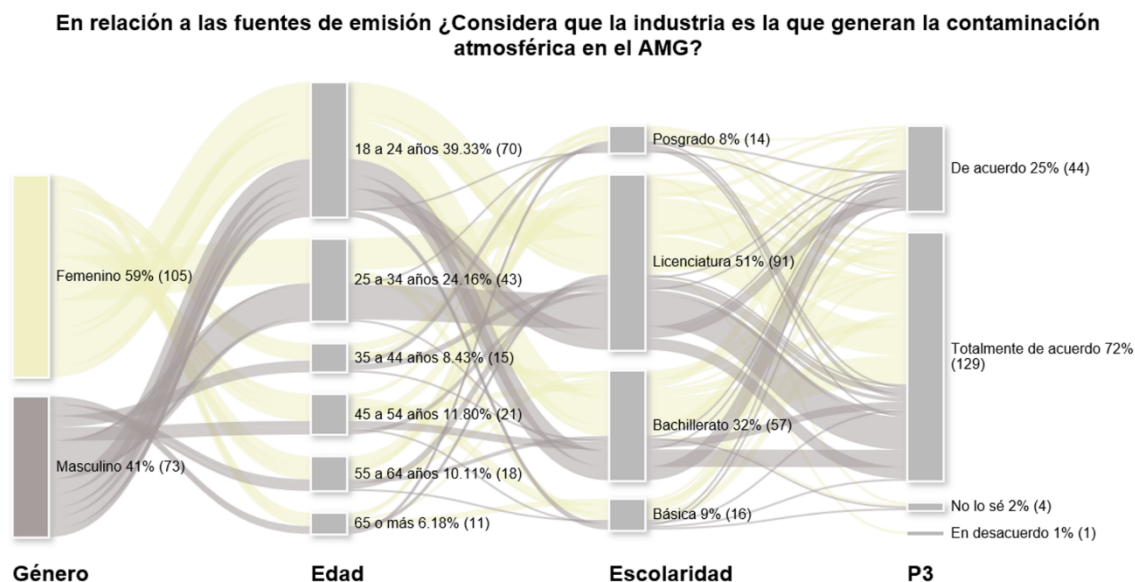


Figura 3. Diagrama de Sankey que muestra la relación entre género, edad y escolaridad de los encuestados y sus respuestas a la pregunta: “¿Considera que la industria es la que genera la contaminación atmosférica en el AMG?”.

Fuente: Elaboración propia.

En relación a las fuentes de emisión ¿Considera que el transporte de carga y transporte urbano son los que generan la contaminación atmosférica en el

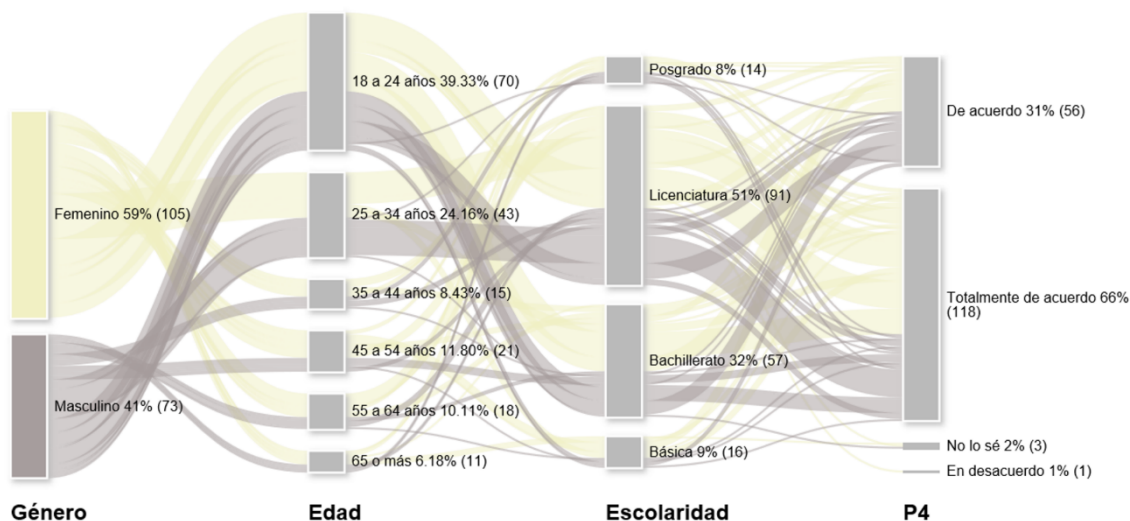


Figura 4. Diagrama de Sankey que muestra la relación entre género, edad y escolaridad de los encuestados y sus respuestas a la pregunta: “¿Considera que el transporte de carga y transporte urbano son los que generan la contaminación atmosférica en el AMG?”.

Fuente: Elaboración propia.

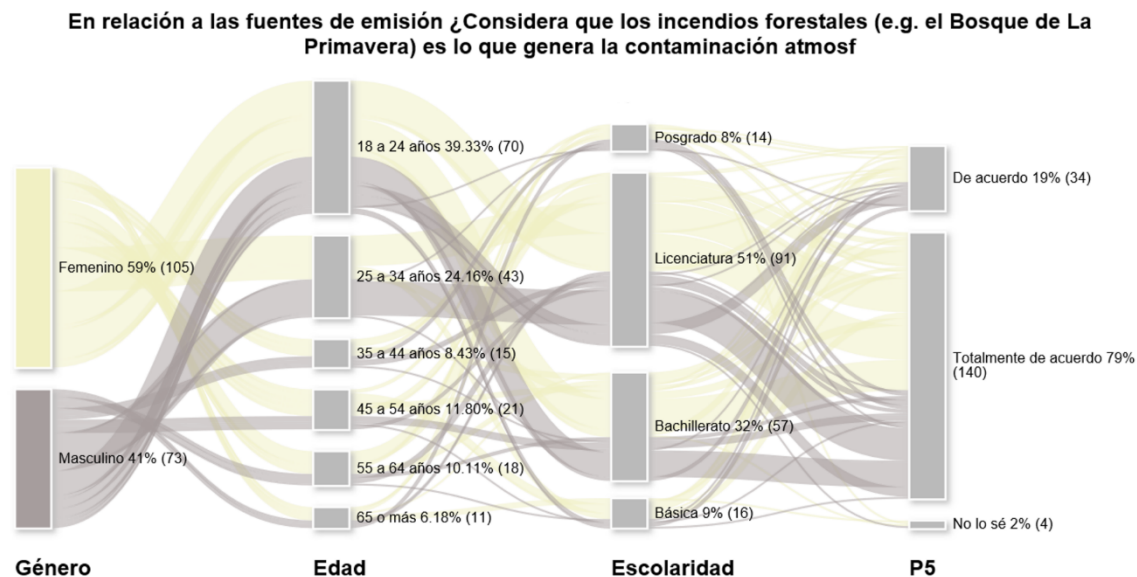


Figura 5. Diagrama de Sankey que muestra la relación entre género, edad y escolaridad de los encuestados y sus respuestas a la pregunta: “¿Considera que los incendios forestales (ej. el Bosque de La Primavera) es lo que genera la contaminación atmosférica en el AMG?”.

Fuente: Elaboración propia.

¿Considera que los contaminantes atmosféricos contienen metales pesados como plomo, cadmio, níquel, etc.?

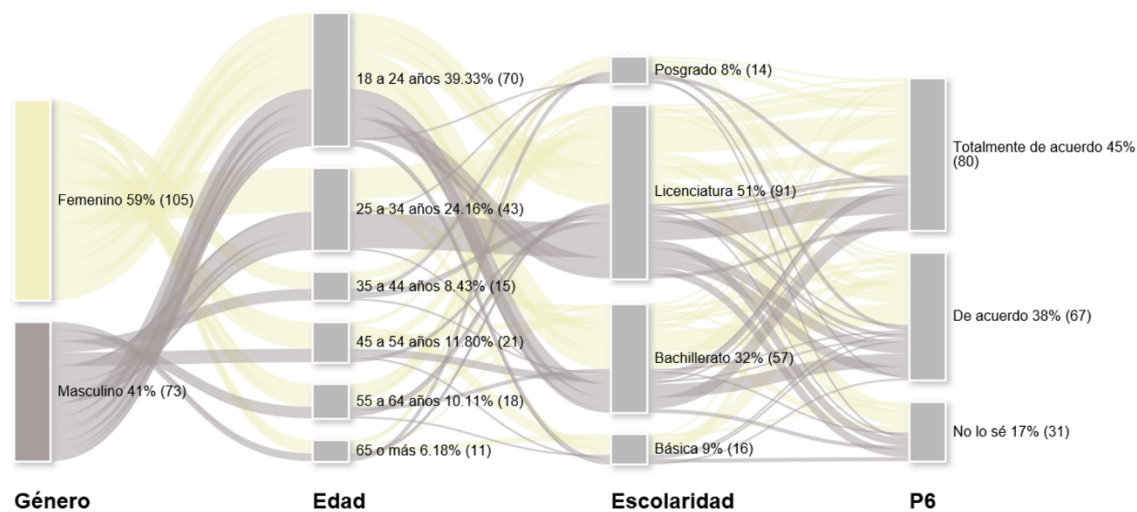


Figura 6. Diagrama de Sankey que muestra la relación entre género, edad y escolaridad de los encuestados y sus respuestas a la pregunta: “¿Considera que los contaminantes atmosféricos contienen metales pesados como plomo, cadmio, níquel, etc.?”.

Fuente: Elaboración propia.

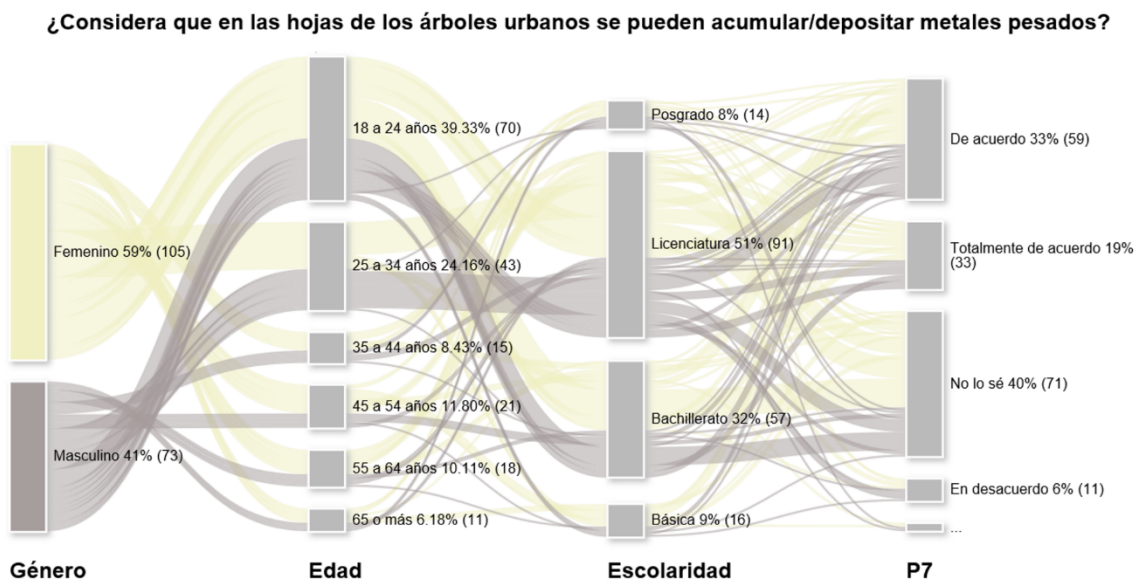


Figura 7. Diagrama de Sankey que muestra la relación entre género, edad y escolaridad de los encuestados y sus respuestas a la pregunta: “¿Considera que en las hojas de los árboles urbanos se pueden acumular/depositar metales pesados?”.

Fuente: Elaboración propia.