



» ARTÍCULO

Percepción social y riesgos por contaminantes en frutos de árboles del Área Metropolitana de Guadalajara, México

Social Perception and Risks from Contaminants in Tree Fruits in the Guadalajara Metropolitan Area, Mexico

Blanca Catalina Ramírez-Hernández¹ , Paulina Beatriz Gutiérrez-Martínez¹ , Javier Eugenio García de Alba Verduzco¹ , Marcela Mariel Maldonado-Villegas¹ , Sara Villanueva-Viramontes¹ 

Adscripciones

¹ Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México

Correspondencia

Paulina Beatriz Gutiérrez-Martínez
paulina.gutierrez@academicos.udg.mx

FECHA DE RECEPCIÓN: 28 de septiembre de 2025

FECHA DE ACEPTACIÓN: 24 de febrero de 2026

EDITOR ENCARGADO: Dr. José Pablo Prado Córdova

© 2026, Blanca Catalina Ramírez-Hernández et al.

Ramírez-Hernández, Blanca Catalina; Gutiérrez-Martínez, Paulina Beatriz; García de Alba Verduzco, Javier Eugenio; Maldonado-Villegas, Marcela Mariel, y Villanueva-Viramontes, Sara (2026). Percepción social y riesgos por contaminantes en frutos de árboles del Área Metropolitana de Guadalajara, México. *Sociedad y Ambiente*, 29, 1-20
<https://doi.org/10.31840/sya.v2026i29.3176>

Esta es una publicación de acceso abierto bajo la licencia **Creative Commons** Atribución/Reconocimiento-NoComercial -CompartirIgual 4.0 Internacional



 [El Colegio de la Frontera Sur](#)
 [Revista Sociedad y Ambiente](#)



ECOSUR

Resumen

El artículo analiza la relación entre la percepción social de la contaminación atmosférica y la bioacumulación de metales pesados en frutos como la guayaba y el guamúchil de árboles urbanos, así como los riesgos asociados para la salud en el Área Metropolitana de Guadalajara. A través de encuestas se encontró que el 71% percibe el aire contaminado, 85% reconoce la capacidad de los árboles para acumular metales pesados y 64% consume frutos de guamúchil o guayaba, pese a que 63% manifiesta preocupación por su posible contaminación. El análisis químico mostró que, en comparación con los frutos de guayaba, los de guamúchil presentan concentraciones significativamente más altas de Mn, Cr, Pb, Zn y Ni (132.77, 82.14, 40.34, 33.01 y 22.41 mg kg⁻¹, respectivamente) superando el índice de riesgo no cancerígeno total (THQ < 1) en mujeres (1.26) y hombres (1.13). Asimismo, el riesgo cancerígeno total fue elevado con valores de 2.45 × 10⁻³ en mujeres y 2.20 × 10⁻³ en hombres, clasificados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) como nivel de riesgo alto. Estos resultados respaldan la necesidad de implementar programas de comunicación basados en evidencia científica para informar a la población sobre el consumo de frutos de árboles urbanos según la calidad ambiental del entorno.

Palabras clave: bioacumulación; contaminación atmosférica; metales pesados; políticas públicas; salud pública.

Abstract

This article analyzes the relationship between public perception of air pollution and the bioaccumulation of heavy metals in fruits from urban trees, such as *guayaba* and *guamúchil*, and the associated health risks in the Guadalajara Metropolitan Area. Surveys revealed that 71% perceive the air as polluted, 85% recognize trees' capacity to accumulate metals, and 64% consume *guayaba* or *guamúchil* fruit, even though 63% express concern about potential contamination. Chemical analysis showed that, compared to *guayaba* fruit, *guamúchil* fruit had significantly higher concentrations of Mn, Cr, Pb, Zn, and Ni (132.77, 82.14, 40.34, 33.01, and 22.41 mg kg⁻¹, respectively), exceeding the total non-carcinogenic risk index (THQ < 1) in women (1.26) and men (1.13). Furthermore, the total carcinogenic risk was elevated, with values of 2.45 × 10⁻³ in women and 2.20 × 10⁻³ in men, classified as high risk by the Environmental Protection Agency (EPA). These results support the need to implement evidence-based communication programs to inform the public about urban tree fruit consumption according to the environmental quality of the surrounding area.

Keywords: air pollution; bioaccumulation; heavy metals; public health; public policies.

Introducción

La contaminación atmosférica es un problema que representa una amenaza para los ecosistemas y la salud humana, especialmente en zonas urbanas (Correa-Ochoa *et al.*, 2022). Las principales fuentes de contaminación incluyen procesos naturales como el vulcanismo, la erosión del suelo y los incendios forestales (Hoaghia *et al.*, 2022), así como actividades de origen antropogénico, entre las que se encuentran el uso de agroquímicos (Gori *et al.*, 2019), actividades industriales (Fusaro *et al.*, 2021), la inadecuada gestión de residuos (Augustsson *et al.*, 2023) y la quema de combustibles fósiles (Zhang *et al.*, 2022).

En áreas urbanas, el material particulado de 2.5 y 10 micrómetros (PM_{2.5} y PM₁₀) es uno de los contaminantes más dañinos (Zhang *et al.*, 2022): se trata de una mezcla compleja de partículas que puede contener metales pesados como plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn), cromo (Cr), mercurio (Hg), cobre (Cu) y níquel (Ni) (Wang *et al.*, 2021). Los vehículos representan una de las principales fuentes, ya que se han relacionado las concentraciones de Cr, Pb y Zn con la intensidad del tráfico (Yang *et al.*, 2017; Sert *et al.*, 2019; Uka *et al.*, 2021; Key y Kulaç, 2022). Además, el desgaste de frenos y neumáticos liberan hierro (Fe), molibdeno (Mo), antimonio (Sb), estaño (Sn), Cu, Pb, Zn, Cd y Hg (Fusaro *et al.*, 2021), y la abrasión mecánica de los componentes vehiculares produce partículas que también contienen Ni, Cr y Cu (Zhang *et al.*, 2022). Saldarriaga-Noreña *et al.* (2011) documentaron la presencia de metales pesados asociados a la contaminación atmosférica en la ciudad de Guadalajara, México, lo que evidencia que el aire urbano del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) también contiene dichos metales pesados.

La vegetación urbana se ha propuesto como una estrategia para mitigar la contaminación atmosférica por metales pesados, dado que estos contaminantes pueden quedar adheridos superficialmente a las hojas, o bien, ser acumulados por las plantas (Izquierdo-Díaz *et al.*, 2023), mediante dos vías fisiológicas: la absorción radicular y la incorporación aérea (Zakaria *et al.*, 2021). Hay estudios que han demostrado una relación entre los niveles de metales pesados en el aire y su acumula-

ción en las plantas (Kuşçu *et al.*, 2022), lo que ha permitido utilizar a los árboles urbanos como biomonitores para evaluar la contaminación atmosférica (Isinkaralar, 2022a). No obstante, estos contaminantes también pueden acumularse en los frutos de estos árboles mediante la absorción por las raíces (Essa y Al-Jibury, 2017; Ismael y Goran, 2024) y por la deposición del material particulado, el cual puede adherirse a la cutícula o penetrar a través de la epidermis (Gori *et al.*, 2019).

Lo anterior adquiere especial relevancia ya que dichos frutos pueden ser recolectados y consumidos por la población, de modo que la ingesta de alimentos contaminados puede constituir potencialmente una fuente de exposición a los metales pesados, los cuales representan un riesgo significativo para la salud humana debido a que no son biodegradables y tienden a acumularse en los órganos del cuerpo humano hasta alcanzar niveles tóxicos (Augustsson *et al.*, 2023). Esta acumulación puede ocasionar daños en el sistema nervioso central y alteraciones del comportamiento (Khandare *et al.*, 2021), así como afecciones en el sistema cardiovascular (Orioli *et al.*, 2019; Fusaro *et al.*, 2021), gastrointestinal (Hoaghia *et al.*, 2022), pulmonar, renal y hepático (Ullah *et al.*, 2022).

Ante el riesgo potencial de exposición a metales pesados a través del consumo de frutos de árboles urbanos resulta esencial no solo cuantificar los niveles de estos metales pesados en las partes comestibles de las plantas, sino también comprender cómo percibe la población dicho riesgo. En este sentido, la percepción social se refiere a la manera en que los individuos interpretan, comprenden y responden a su entorno; es un fenómeno psicosocial construido a partir de experiencias individuales y moldeado por procesos cognitivos y afectivos. Como afirman Marques *et al.* (2020, p. 5), “se puede mirar algo, pero no verlo”, lo que implica que las personas pueden ser conscientes de los posibles riesgos de contaminación, pero frecuentemente carecen de información necesaria para validar sus preocupaciones (Kaiser *et al.*, 2015; Taylor *et al.*, 2021).

La evaluación simultánea de la percepción social y de la presencia de metales pesados en frutos urbanos permite identificar vacíos en el conocimiento público, contrastar la percepción ciudadana con la evidencia

científica y contribuir a una toma de decisiones más informada en materia de salud pública y gestión ambiental. En este contexto, la percepción social resulta clave para reconocer y comprender los procesos sociales derivados de problemáticas ambientales, los cuales pueden ir desde la generación de conciencia hasta el impulso de políticas públicas (Mayorga *et al.*, 2020). Si bien estudios han documentado la acumulación de metales pesados en la vegetación urbana, la relación entre estos contaminantes y la percepción social sigue siendo poco explorada, particularmente en el AMG. Esto representa una oportunidad para avanzar en investigaciones de carácter interdisciplinario que integren evidencia científica y social.

Considerando lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar la percepción social de los residentes del AMG respecto a la contaminación atmosférica por metales pesados y su acumulación en los frutos de árboles urbanos. Asimismo, se determinó la concentración de metales pesados en los frutos de guamúchil

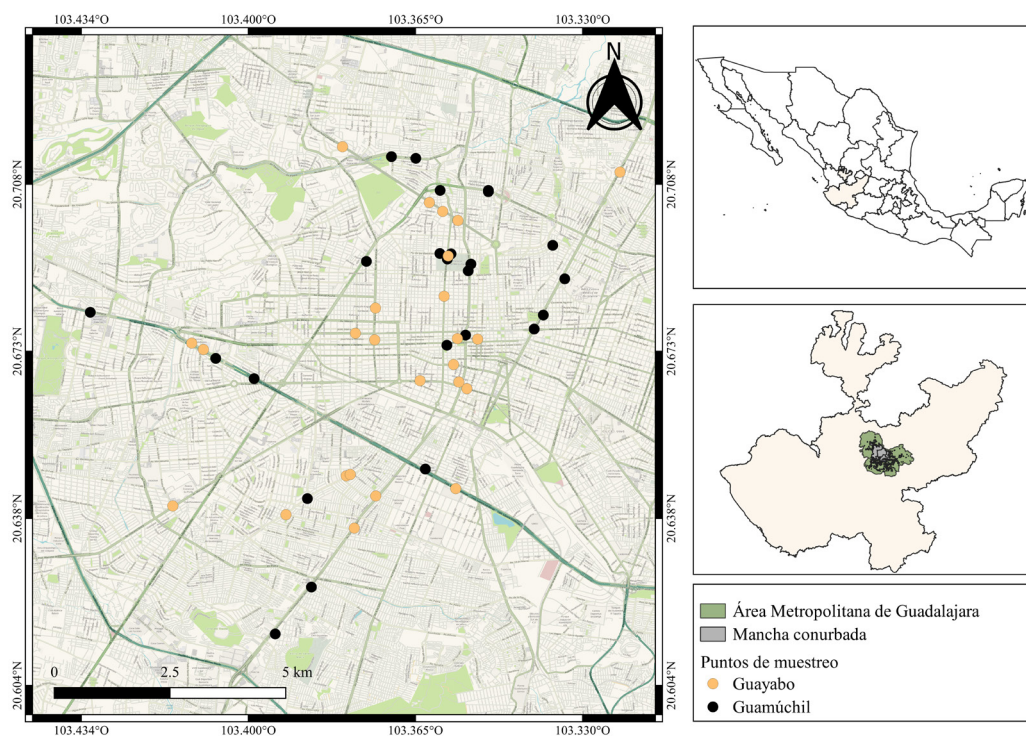
(*Pithecellobium dulce*) y guayaba (*Psidium guajava*) recolectados del arbolado urbano ubicado en sitios con alto tráfico vehicular. Este enfoque permitió explorar la relación entre las percepciones sociales sobre la contaminación y los niveles reales de metales pesados en los frutos, con el fin de evaluar los riesgos potenciales para la salud asociados con su consumo.

Metodología

Zona de estudio

Este estudio se desarrolló en el AMG (Figura 1), el cual comprende los municipios de Guadalajara, Zapopan, San Pedro Tlaquepaque, Tonalá, El Salto y Tlajomulco de Zúñiga, así como zonas de influencia externa como Juanacatlán, Ixtlahuacán de los Membrillos, Acatlán de Juárez y Zapotlanejo (Peniche-Camps y Cortez-Huerta, 2020). El AMG alberga más de 5.2 millones de habitantes y presenta una alta densidad poblacional (2 145 hab/

Figura 1. Puntos de muestreo de los frutos de guamúchil y guayaba del Área Metropolitana de Guadalajara, México



Fuente: Elaboración propia.

km²) (IIEG, 2021). La recolección de datos, tanto a partir de encuestas como del muestreo de frutos, se enfocó en la zona oriente del AMG, dentro del perímetro del anillo periférico, la cual se caracteriza por una alta densidad de tráfico vehicular, principal fuente de emisiones de metales pesados. En estos sitios se seleccionaron 25 individuos de guamúchil y 25 de guayaba, las cuales son especies frutales comunes en espacios públicos (Figura 1). Del total de los árboles urbanos del AMG, el guamúchil y la guayaba ocupan los lugares sexto y duodécimo en términos de dominancia, con frecuencias de 3.76 % y 1.72 %, respectivamente, lo que evidencia su relevancia en espacios públicos y áreas urbanas del AMG (POFMET, 2018).

Percepción social

Esta fase se enfocó en tres aspectos clave: 1) la contaminación por metales pesados, 2) la acumulación de dichos metales pesados en los frutos y 3) los patrones de consumo de estos frutos por parte de la población.

Diseño y aplicación de las encuestas

La encuesta, presentada en Anexos, se estructuró con los siguientes apartados: 1) política de privacidad y confidencialidad, garantizando el anonimato de las respuestas individuales, 2) características sociodemográficas (sexo, edad, escolaridad y municipio de residencia), 3) percepción sobre la contaminación atmosférica por metales pesados y su acumulación en los frutos de árboles en el entorno urbano, 4) hábitos de consumo de frutos provenientes de árboles del AMG y 5) evaluación post cuestionario, para observar posibles cambios en la percepción. Las respuestas fueron registradas en una escala de Likert con los siguientes valores: 1 = totalmente en desacuerdo, 2 = en desacuerdo, 3 = ni de acuerdo ni en desacuerdo (neutral), 4 = de acuerdo y 5 = totalmente de acuerdo. Para las preguntas sobre consumo de frutos, se empleó una escala específica: 3 = regularmente, 2 = ocasionalmente y 1 = nunca. Las respuestas para preguntas abiertas fueron codificadas mediante análisis de contenido temático.

La encuesta fue dirigida a personas mayores de 18 años, residentes en alguno de los municipios del AMG, que aceptaran participar de forma voluntaria y otorga-

ran su consentimiento informado. El tamaño de muestra se calculó mediante la Fórmula 1 en Anexos. No contar con información previa sobre la proporción esperada de respuestas, permitió maximizar el tamaño de muestra y asegurar estimaciones robustas (Taherdoost, 2017). El cálculo del tamaño de muestra se utilizó como una referencia metodológica para estimar un tamaño muestral orientativo como una guía para asegurar suficiencia muestral y robustez analítica, sin pretender inferencia estadística estrictamente probabilística. Con base en la fórmula, se determinó un tamaño mínimo de muestra de 385 encuestas. Adicionalmente, el análisis de potencia indicó que 305 participantes eran suficientes para detectar un tamaño de efecto medio ($d = 0.25$) con una potencia estadística del 95 % (Milibari et al., 2025). La encuesta fue distribuida en línea a través de Google Forms y difundida por redes sociales. Se recibieron 746 respuestas, de las cuales se excluyeron aquellas de participantes no residentes en el AMG o con cuestionarios incompletos. El total de respuestas válidas fue de 587.

Validez y fiabilidad del cuestionario

Se evaluó la validez y confiabilidad de los ítems del cuestionario para asegurar la solidez del instrumento de medición. Para evaluar la confiabilidad de la consistencia interna de las escalas de múltiples ítems se aplicaron varios criterios, incluidos los coeficientes alfa de Cronbach, la confiabilidad compuesta (CR) y la varianza promedio extraída (VPE). El alfa de Cronbach, ampliamente utilizada, proporciona una estimación de la confiabilidad de una escala al examinar las intercorrelaciones entre los ítems (Cronbach, 1951). Los valores del alfa de Cronbach de 0.70 o superiores se considera que indican una confiabilidad aceptable. La CR indica la consistencia interna de los constructos, siendo adecuados valores mayores a 0.70 (Hair et al., 2017), mientras que la VPE refleja la proporción de varianza explicada por el constructo en relación con el error de medición, aceptándose valores por encima de 0.50 como indicadores de validez convergente (Fornell y Larcker, 1981). Los resultados obtenidos fueron: alfa de Cronbach = 0.70, CR = 0.83 y VPE = 0.55, lo que indica una confiabilidad aceptable y una validez convergente adecuada del instrumento.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante distribuciones de frecuencia y porcentajes para describir la percepción social de los participantes. Para evaluar el efecto de las variables sociodemográficas sobre los ítems de percepción se utilizaron pruebas no paramétricas debido a la naturaleza ordinal de los datos. La prueba U de Mann-Whitney se empleó para comparaciones entre dos grupos y la prueba de Kruskal-Wallis para tres o más grupos. Para esta última prueba, en aquellos casos donde se detectaron diferencias estadísticamente significativas, se aplicó la prueba post hoc de Dunn para realizar comparaciones múltiples por pares, con corrección de Bonferroni (Malla-Sotomayor y Garrido-Sacán, 2025). Los análisis estadísticos se realizaron con el software IBM SPSS Statistics 21.1.0 (IBM, EUA). Se estableció la significancia estadística con un nivel de confianza de 95 % (alfa = 0.05).

Análisis de metales pesados en frutos

Se muestrearon 25 árboles por especie, recolectando aproximadamente 500 gramos de frutos maduros por individuo. La selección de individuos se basó en criterios de abundancia y distribución espacial dentro del AMG, de acuerdo con la composición general de la cobertura arbórea urbana documentada en los instrumentos de planeación metropolitana (FIPRODEFO, 2018). Los árboles se seleccionaron mediante un enfoque de muestreo dirigido, priorizando los individuos ubicados a lo largo de avenidas principales con alto tráfico vehicular a una distancia entre 5 y 15 m de las vialidades. La colecta de los frutos se realizó considerando árboles en buen estado fitosanitario, con frutos maduros disponibles, sin presencia de plagas ni daños físicos visibles. Esto permitió obtener muestras representativas de las condiciones de exposición del arbolado urbano en el AMG. Los frutos recolectados fueron colocados en bolsas de polietileno y se almacenaron a -20 °C hasta su procesamiento. Previo al análisis, los frutos de guamúchil fueron retirados manualmente de la vaina; tanto estos como los de guayaba no fueron lavados, con el fin de conservar los contaminantes potencialmente adheridos a la superficie del fruto.

Las muestras se secaron a 80 °C hasta alcanzar un peso constante y fueron trituradas para garantizar su homogenización. Posteriormente, se mezclaron con un aglutinante a base de carbono y se compactaron mediante prensado hidráulico a 25 t durante 60 s para formar *pellets* de 40 mm de diámetro, con el fin de obtener superficies uniformes y minimizar los efectos de matriz (Byers *et al.*, 2018). Las concentraciones de Cr, Mn, Ni, Pb y Zn fueron determinadas mediante espectrofotometría de fluorescencia de rayos X (XRF) utilizando el equipo GENIUS XRF (Skyray Instruments, EUA) equipado con un tubo de rayos X de 40 kV y una fuente de excitación con ánodo de plata (Ag). El equipo fue calibrado utilizando un material de referencia certificado (FLX-OME 50), el desempeño instrumental fue verificado y la precisión se evaluó mediante mediciones por triplicado por cada muestra. Cada muestra fue analizada durante 90 s. La fluorescencia de rayos X ha sido empleada para la determinación de metales pesados en estudios de contaminación ambiental, permitiendo evaluar concentraciones de elementos y patrones de acumulación en plantas expuestas a contaminación por metales pesados (Ali *et al.*, 2014; Byers *et al.*, 2018).

Análisis estadístico

Los resultados relativos a la concentración de metales pesados se expresaron como la media $\pm$ desviación estándar, la normalidad en la distribución de los datos se verificó mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homocedasticidad con la prueba de Levene. Al no cumplirse los supuestos, se realizó la prueba de U de Mann-Whitney para comparar las concentraciones de metales pesados entre frutos de guamúchil y guayaba. Esta prueba permitió evaluar diferencias significativas en la acumulación de Cr, Mn, Ni, Pb y Zn entre ambas especies. Los análisis estadísticos se realizaron con el software IBM SPSS Statistics 21.1.0 (IBM, EUA). Se estableció la significancia estadística con un nivel de confianza de 95 % (alfa = 0.05).

Evaluación del riesgo a la salud

La evaluación de los riesgos para la salud humana se centró en los efectos potenciales de la exposición a metales pesados (Cr, Mn, Ni, Pb y Zn). Se calcularon tres in-

dicadores: la ingesta diaria estimada (EDI, por sus siglas en inglés), el índice de riesgo no cancerígeno (THQ, por sus siglas en inglés) y el índice de riesgo cancerígeno (TCR, por sus siglas en inglés).

Ingesta diaria estimada (EDI)

La EDI se calculó con base en la concentración del metal en los frutos y en el consumo estimado diario, mediante la Fórmula 2 en Anexos (EPA, 2001).

Índice de riesgo no cancerígeno (THQ)

El THQ estima el riesgo no cancerígeno asociado a la ingesta de metales pesados y se calcula como el cociente entre la EDI y la dosis de referencia o RfD (estimación de la exposición diaria a la que una población humana puede estar expuesta continuamente a lo largo de su vida sin un riesgo apreciable de efectos nocivos). El THQ se calcula mediante la Fórmula 3 en Anexos (EPA, 2001). Para estimar el riesgo combinado y acumulativo por exposición a múltiples metales pesados, se calculó el índice acumulativo (THQ total) mediante la Fórmula 4 en Anexos (Amarloei et al., 2024).

Índice de riesgo cancerígeno (TCR)

El TCR representa el riesgo a largo plazo de desarrollar cáncer por la ingesta durante un gran periodo de tiempo y se calculó mediante la Fórmula 5 en Anexos (EPA, 2001). El riesgo acumulativo cancerígeno total (TCR total) se calculó sumando los TCR individuales mediante la Fórmula 6 en Anexos (Rauf et al., 2021).

Resultados y discusión

Percepción social

Los resultados de cada ítem incluido en la encuesta se incluyen en las Figuras A1-A24 en Anexos. En términos de la representación sociodemográfica, la participación de mujeres (57%) fue ligeramente mayor respecto a la de hombres (43%). En cuanto a la distribución de edad, el grupo más numeroso fue el de 18-24 años (31%), seguido de 25-34 años (24%), 35-44 y 45-54 años (cada uno con 15%). El grupo de 55-64 años concentró el 10% y mayores de 65 años representó el 5%. Respecto al ni-

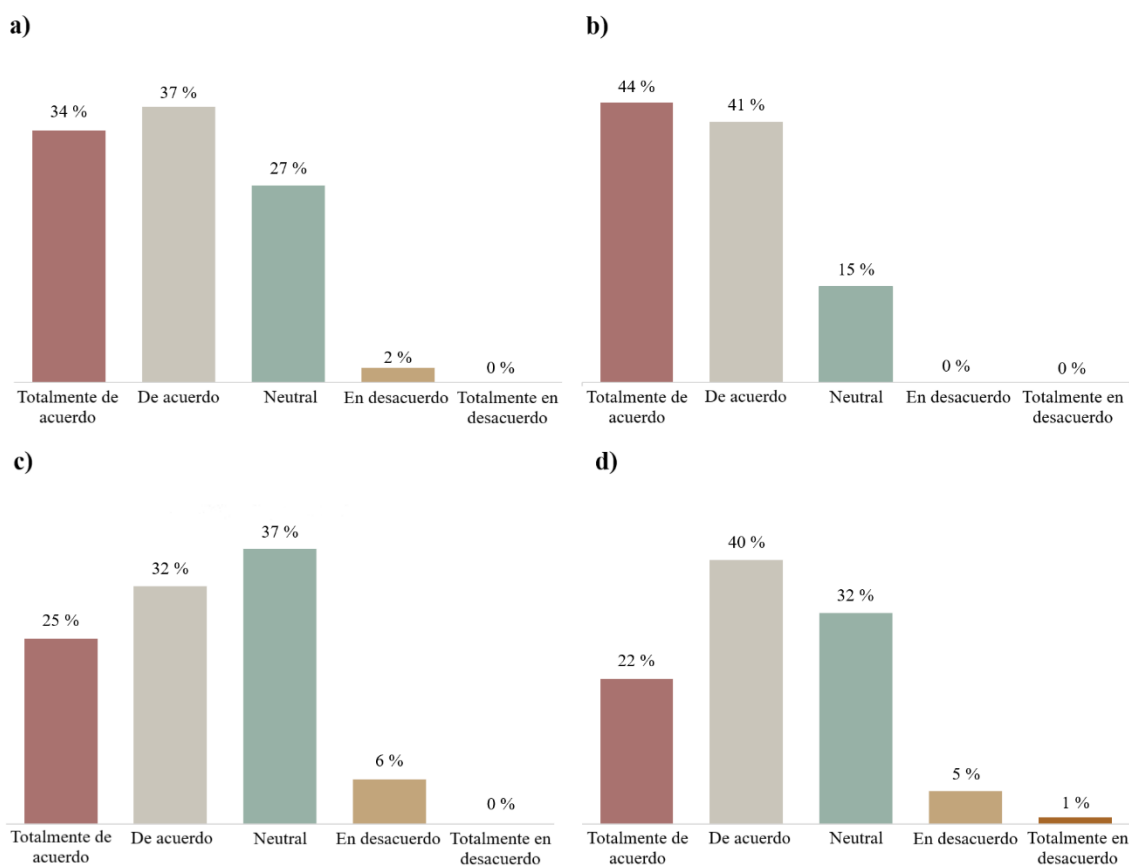
vel de escolaridad, el 53% de los encuestados contaba con estudios de licenciatura, el 30% bachillerato, el 11% posgrado y el 6% educación básica.

Con relación a la percepción sobre la contaminación atmosférica por metales pesados, el 71% de los encuestados consideró posible su presencia en los frutos mencionados (Figura 2a). Se observaron diferencias significativas sobre la percepción de la contaminación por sexo ($U = 4.75$, $p = 0.031$) y por edad ($H = 12.92$, $p = 0.047$), particularmente entre 18-24 y 55-64 años, lo que indica que tanto el sexo como la etapa generacional influyen en esta percepción. En total, 73% de las mujeres y 69% de los hombres coincidieron en que los frutos están contaminados, lo que indica una mayor conciencia del problema entre las mujeres. En cuanto a la edad, el 66% de los jóvenes de 18-24 años compartieron esta percepción frente al 87% de los adultos de 55-64 años, lo que revela que las personas de mayor edad poseen un nivel de conocimiento más alto sobre esta situación.

Las diferencias coinciden con otros estudios en los que se describe mayor preocupación ambiental en las mujeres vinculada a aspectos de empatía y diferencias en la valoración de riesgos ambientales asociadas a grupos etarios (Zelezny et al., 2000; Milfont y Sibley, 2016). En general, las mujeres muestran una mayor preocupación ambiental (Alonso et al., 2023) y de acuerdo con Wang et al. (2024), las personas mayores son más sensibles a la contaminación atmosférica. El hecho de que el 71% de los participantes identifique la contaminación del aire por metales pesados, a pesar de que estos no son percibidos visual u olfativamente, refleja cierto nivel de conciencia social (Saligari et al., 2025; Schreck et al., 2025). Esto parece estar influenciado no solo por experiencias, sino también por exposiciones previas o construcciones sociales ligadas a la contaminación urbana. Así, la percepción pública se configura mediante una interacción compleja de factores contextuales y temporales que determinan cómo las personas interpretan y responden a las condiciones ambientales de su entorno (Milibari et al., 2025).

Respecto de la capacidad de los árboles en el AMG para acumular metales pesados, el 85% estuvo de acuerdo (44% totalmente de acuerdo y 41% de acuerdo) (Figura 2b). Este hallazgo es consistente con evidencia

Figura 2. Percepción social sobre la contaminación atmosférica y la acumulación de metales pesados en frutos del arbolado urbano: a) ¿considera que el aire podría estar contaminado con metales pesados?, b) ¿considera que los árboles urbanos tienen la capacidad de acumular metales pesados?, c) ¿considera que los árboles ubicados en áreas con alto tráfico vehicular están más expuestos a metales pesados? y d) ¿considera que en los frutos de los árboles urbanos se pueden acumular o depositar metales pesados?



Fuente: Elaboración propia.

que documenta el papel de la vegetación urbana como acumuladora de metales pesados atmosféricos (Dadea et al., 2017; Fusaro et al., 2021) y su contribución en la mejora de la calidad del aire; por ejemplo, avellano turco (*Corylus colurna*) (Key y Kulaç, 2022), cedro Atlas (*Cedrus atlántica*) (Isinkaralar, 2022a), árbol del cielo (*Ailanthus altissima*) (Isinkaralar, 2022b), pino rojo chino (*Pinus tabuliformis*) y zumaque de Virginia (*Rhus typhina*) (Liu et al., 2022), mientras que el 15 % expresó no estar de acuerdo ni en desacuerdo (Figura 2b). Lo anterior refleja un alto nivel de reconocimiento social sobre el papel de la vegetación urbana como bioacumuladora de contaminantes. No obstante, la eficacia percibida y real de-

pende de condiciones locales como cobertura arbórea, cercanía a vialidades, barreras físicas (Kais et al., 2021) y las características morfológicas de cada especie (Gori et al., 2019; Fusaro et al., 2021).

Por otro lado, el 57 % de las personas asoció mayor exposición a metales pesados en árboles ubicados en zonas de alto tránsito vehicular (25 % totalmente de acuerdo y 32 % de acuerdo) (Figura 2c). Se identificaron diferencias significativas por escolaridad ($H = 12.91$), particularmente entre educación básica y posgrado ($p = 0.018$), así como entre educación básica y bachillerato ($p = 0.003$), lo que sugiere que la formación académica influye en cómo se interpreta la relación entre el trá-

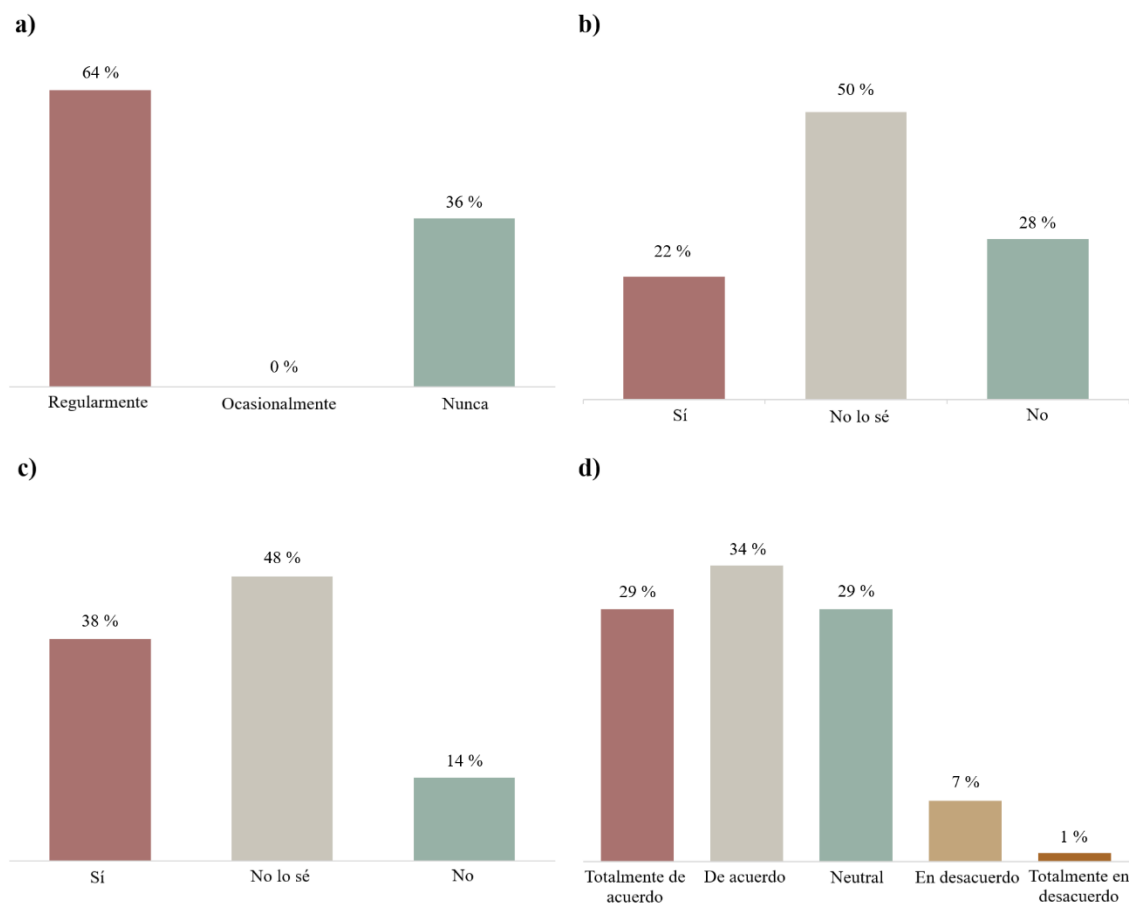
fico vehicular y la exposición de los árboles a los contaminantes (Boso *et al.*, 2024). Lo anterior concuerda con estudios que reportan concentraciones de metales pesados en sitios vinculados al tráfico vehicular en las ciudades (Foroughi y Weil, 2024).

En contraste, el 62 % consideró la posible acumulación de contaminantes en los frutos (22 % totalmente de acuerdo y 40 % de acuerdo) (Figura 2d). Esta percepción coincide con evidencia obtenida en escenarios de mayor acumulación de metales pesados en zonas cercanas a las fuentes de emisión (Ahmed *et al.*, 2022). Esto se ha demostrado en especies como ciruelo de Natal (*Carissa opaca*), ciruelo (*Ziziphus nummularia* y *Z. mauritiana*),

grosella (*Phyllanthus emblica*), dátil (*Phoenix dactylifera*) (Parveen *et al.*, 2017), *P. dactylifera*, espina de Cristo (*Ziziphus spina-christi*) (Ahmed *et al.*, 2022), manzana (*Malus domestica*), naranjo agrio (*Citrus aurantium*) y uva (*Vitis vinifera*) (Khalilnezhad *et al.*, 2024).

Por lo anterior, resulta relevante analizar las prácticas de consumo de frutos que se desarrollan en el AMG ya que el 64 % reportó consumirlos regularmente, mientras que 36 % indicó no haberlos consumido nunca (Figura 3a). Sin embargo, esta práctica mostró baja visibilidad social, ya que solo 22 % afirmó que familiares o amistades los consumen, 50 % no tuvo certeza y 28 % indicó que no lo hacen (Figura 3b). El análisis por

Figura 3. Consumo de frutos del arbolado urbano y percepción del riesgo: a) ¿suele consumir los frutos de los árboles urbanos?, b) ¿su familia o sus amigos suelen consumir los frutos de los árboles urbanos?, c) ¿ha observado personas en las calles consumir los frutos de los árboles urbanos? y d) ¿le preocupa que la fruta que consume pueda estar contaminada?

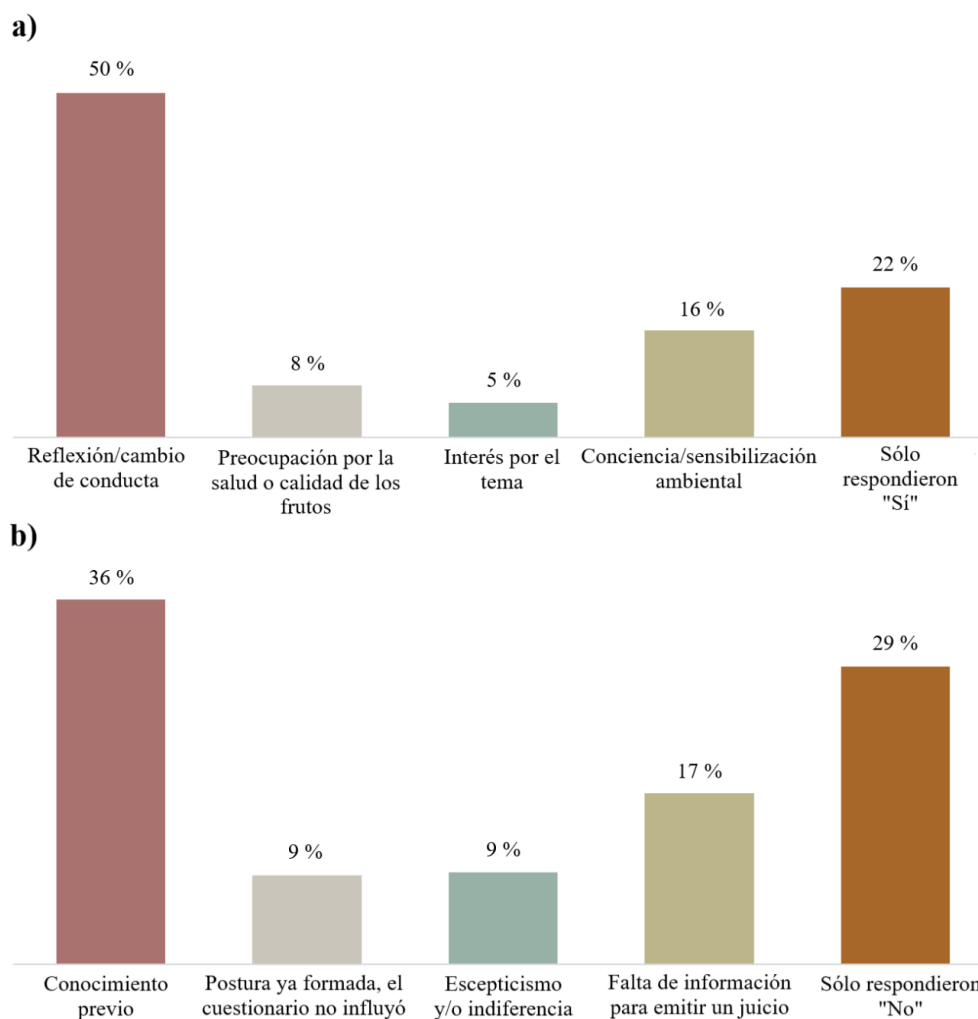


Fuente: Elaboración propia.

edad reveló diferencias estadísticamente significativas ($H = 20.11$; $p = 0.002$), específicamente entre los grupos de 18-24 y 55-64 años. El 30 % de los jóvenes de 18-24 años señaló que en su entorno cercano consume estos frutos y en el grupo de 55-64 años la proporción fue de 18 %. También se identificaron diferencias en el nivel de escolaridad, especialmente entre educación básica (24 %) y posgrado (14 %) ($p = 0.020$), lo que podría relacionarse con un mayor nivel de conciencia ambiental y la necesidad de actuar (Alonso *et al.*, 2023). Además, solo el 38 % indicó haber presenciado consumo en espacios públicos (Figura 3c).

En cuanto a la percepción por la posible contaminación de frutos recolectados, 63 % expresó preocupación (29 % totalmente de acuerdo y 34 % de acuerdo) (Figura 3d). Se identificaron diferencias estadísticamente significativas por sexo ($U = 49.35$; $p < 0.001$), con mayor preocupación en mujeres (68 %), en concordancia con las diferencias reportadas sobre conductas y actitudes proambientales reportadas (Zelezny *et al.*, 2000; Milfont y Sibley, 2016). Esto indica que el sexo influye en cómo se reconoce y se valora esta problemática ya que las mujeres tienden a mostrar una mayor sensibilidad ambiental y preocupación por la salud en entornos urbanos

Figura 4. Cambio en la percepción de los participantes posterior al cuestionario



Fuente: Elaboración propia.

(Al-Shidi *et al.*, 2021; Nahar *et al.*, 2022). Cabe señalar que, mientras el 64% consume frutos de árboles de la zona urbana, el 63% manifiesta preocupación por su posible contaminación, lo que revela una contradicción entre la práctica y la percepción. Esta aparente contradicción puede estar vinculada a la normalización de la exposición en espacios contaminados, lo que refuerza la pertinencia de estrategias de comunicación de riesgos (Boso *et al.*, 2024).

Finalmente, los resultados sobre los cambios en la percepción tras responder el cuestionario (Figuras 4a y 4b), mostraron que el 77% de los participantes reportaron una modificación en su percepción y 23% no reportó cambios. Entre los participantes que reportaron un cambio en su percepción tras responder el cuestionario (77%), el 16% manifestó una mayor conciencia y sensibilización ambiental. Un ejemplo representativo de este grupo es la siguiente afirmación: “Sí, es un tema muy importante que no está bien comunicado ni concientizado y es necesario proporcionar información referente a ello para hacer conciencia y tomar medidas necesarias” (E432). Asimismo, el 8% expresó preocupación por su salud y por la calidad de los frutos, destacando comentarios como: “Sí, me gustaría saber más del tema y llevar esa información a mis familiares y amigos, es importante saber que puede ser un riesgo hoy en día en comer frutas expuestas a contaminación” (E117) y “Sí, ya que el conocimiento del contenido de metales pesados en los frutos de las plantas es de suma importancia para evitar la acumulación de estas y otras sustancias en nuestro cuerpo” (E306).

Por otro lado, un 5% mostró interés en investigar más sobre la acumulación de metales pesados en los frutos, lo que denota una inquietud por profundizar en el tema a nivel personal, académico o profesional. En contraste, entre quienes respondieron que no hubo cambio en su percepción (23%), se identificaron varios patrones: del total de los que respondieron no, el 29% se limitó a dar una respuesta negativa sin justificación adicional, el 36% afirmó que ya contaba con conocimiento previo sobre el tema, un 9% manifestó escepticismo o indiferencia, otro 9% indicó que su postura ya estaba definida y no fue modificada por el cuestionario y el 17% expresó no tener suficiente información para

emitir una opinión fundamentada, como reflejan los siguientes testimonios: “No, solo con estudios científicos tomaría una decisión u opinión al respecto” (E81), “No, necesitaría mayor información al respecto, con estudios científicos que expliquen cómo ocurre y los riesgos de consumir esos frutos o las precauciones para poder hacerlo” (E291) y “Carezco de información certera sobre el efecto de los metales pesados” (E441).

Las respuestas anteriores evidencian tres aspectos claves: 1) una demanda explícita de evidencia científica confiable, 2) la existencia de una brecha en el conocimiento público sobre los efectos de la contaminación por metales pesados y 3) la necesidad de estrategias de divulgación científica más eficaces. En este sentido, resulta fundamental alinear el diseño de los estudios sobre contaminación del aire y salud con las preocupaciones públicas, de modo que los resultados puedan traducirse en acciones relevantes para las necesidades de la población (Gignac *et al.*, 2022). La participación pública es un elemento central para una gobernanza ambiental efectiva (Wang *et al.*, 2024), y la ciencia ciudadana se perfila como una herramienta prometedora para fomentar el diálogo, fortalecer la educación y difundir prácticas orientadas a una mejor gestión ambiental (Gignac *et al.*, 2022). En este contexto, resulta relevante complementar la percepción social con la evaluación de metales pesados en frutos del arbolado urbano. De esta manera, es posible contrastar las preocupaciones expresadas por los ciudadanos con evidencias que permitan determinar la presencia real de contaminantes.

Análisis de metales pesados en frutos

Las concentraciones de metales pesados presentaron diferencias estadísticamente significativas entre especies. El Mn fue el elemento con las concentraciones más altas, con $132.77 \pm 9.80 \text{ mg kg}^{-1}$ en guamúchil frente a $92.73 \pm 12.16 \text{ mg kg}^{-1}$ en guayaba ($U = 2.00$, $p < 0.001$). Le siguió el Cr, con $82.14 \pm 12.62 \text{ mg kg}^{-1}$ en guamúchil y $67.44 \pm 16.23 \text{ mg kg}^{-1}$ en guayaba ($U = 143.0$, $p = 0.001$); Pb, con $40.34 \pm 15.44 \text{ mg kg}^{-1}$ en guamúchil y $33.69 \pm 10.19 \text{ mg kg}^{-1}$ en guayaba ($U = 144.0$, $p = 0.001$); Zn, con $33.01 \pm 4.01 \text{ mg kg}^{-1}$ en guamúchil y $23.55 \pm 6.57 \text{ mg kg}^{-1}$ en guayaba ($U = 72.0$, $p < 0.001$); y Ni, con $22.41 \pm 0.34 \text{ mg kg}^{-1}$ en guamúchil y $21.70 \pm 0.40 \text{ mg kg}^{-1}$ en guaya-

ba ($U = 39.0$, $p < 0.001$). Estos últimos valores sugieren que, aunque los promedios de Ni sean similares entre ambas especies, la consistencia en el patrón de acumulación refleja diferencias estadísticamente significativas. En conjunto, los resultados confirman que en todos los metales pesados analizados los frutos de guamúchil presentaron concentraciones significativamente superiores a los de guayaba (Cuadro 1).

Cuadro 1. Concentración de metales pesados en frutos de guamúchil y guayaba del Área Metropolitana de Guadalajara. Los datos representan la media $\pm$ desviación estándar o DE ($n = 25$) y las letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas

METAL	GUAMÚCHIL (mg kg ⁻¹ , PESO SECO)	GUAYABA (mg kg ⁻¹ , PESO SECO)
Cr	82.14 $\pm$ 12.62 ^a	67.44 $\pm$ 16.23 ^b
Mn	132.77 $\pm$ 9.80 ^a	92.73 $\pm$ 12.16 ^b
Ni	22.41 $\pm$ 0.34 ^a	21.70 $\pm$ 0.40 ^b
Pb	40.34 $\pm$ 15.44 ^a	33.69 $\pm$ 10.19 ^b
Zn	33.01 $\pm$ 4.01 ^a	23.55 $\pm$ 6.57 ^b

Fuente: Elaboración propia.

Aunque los árboles tienden a acumular mayores concentraciones de metales pesados en hojas y raíces, los niveles en frutos dependen de la especie, el metal y las condiciones ambientales (Romanova y Lovell, 2021). En guamúchil, las concentraciones elevadas podrían asociarse a su morfología, ya que la pulpa queda expuesta al abrirse la vaina (Aleman-Ramírez et al., 2024). Contrariamente, los frutos de guayaba permanecen cerrados durante la maduración (Angulo-López et al., 2021), lo que puede explicar las concentraciones más bajas.

Otros estudios demuestran que los frutos urbanos acumulan metales pesados. Por ejemplo, Ahmed et al. (2022), en Al Ain (Emiratos Árabes Unidos), reportaron en dátiles concentraciones de Pb de 1.92 mg kg⁻¹ y de Cr de 0.005 mg kg⁻¹. Khalilnezhad et al. (2024), en Teherán (Irán), asociaron la presencia de Pb en frutos de *M. domestica*, *C. aurantium* y *V. vinifera*, con mayores niveles en los más expuestos. En contraste, en Islamabad (Pakistán), Parveen et al. (2017) documentaron en di-

versos frutos urbanos concentraciones de Pb entre 3.24 a 41.7 mg kg⁻¹, de Cr entre 2.33 a 19.0 mg kg⁻¹ y de Mn entre 3.90 a 44.6 mg kg⁻¹. La acumulación depende de la especie, su morfología y el entorno. En este estudio, el guamúchil presentó mayores concentraciones por la exposición de la pulpa. Romanova y Lovell (2021) indican que frutos con estructuras protectoras acumulan menores concentraciones debido a la protección física contra la deposición directa. Dada la presencia de metales pesados y que el 64 % de los encuestados reportó consumirlos, es fundamental valorar los riesgos para la salud.

Evaluación del riesgo para la salud

Como complemento al análisis de concentraciones de los metales pesados se evaluaron los riesgos potenciales para la salud humana derivados del consumo de estos frutos urbanos contaminados, esto mediante las estimaciones correspondientes a la EDI, el THQ y el TCR. Estos cálculos se realizaron bajo el supuesto de un consumo diario de 150 g de frutos durante tres meses, correspondiente a la temporada natural de fructificación, además de asumir que las personas no realizan el lavado de los frutos cuando estos son recolectados en las calles o avenidas. Los resultados de la EDI muestran que los frutos de guamúchil presentan valores más elevados en comparación con los de guayaba para todos los metales pesados analizados. En el caso del guamúchil, los mayores valores en mujeres y hombres fueron de Mn, Cr y el Pb. En cuanto a los frutos de guayaba, las concentraciones fueron menores en todos los casos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Ingesta diaria (EDI, mg kg⁻¹ peso corporal día⁻¹) por el consumo de frutos de árboles urbanos de guamúchil y guayaba del Área Metropolitana de Guadalajara

FRUTO	SEXO	Cr	Mn	Ni	Pb	Zn
Guamúchil	Mujeres	0.0025	0.0041	0.0007	0.0012	0.0010
	Hombres	0.0023	0.0037	0.0006	0.0011	0.0009
Guayaba	Mujeres	0.0021	0.0029	0.0007	0.0010	0.0007
	Hombres	0.0019	0.0026	0.0006	0.0009	0.0007

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de THQ mostraron que el Cr y Pb son los que más contribuyeron al riesgo total. En los frutos de guamúchil el THQ total fue de 1.2674 en mujeres y 1.1382 en hombres, y en los frutos de guayaba fue de 1.0468 en mujeres y 0.9401 en hombres. Por el contrario, el Mn y el Zn mostraron contribuciones considerablemente menores al riesgo total. En todos los casos, los valores en mujeres fueron superiores a los de los hombres. En los frutos de guamúchil, los valores totales de THQ superaron el límite de referencia de seguridad (> 1), mientras que en los frutos de guayaba esto se observó en las mujeres (Cuadro 3).

Los valores del TCR reflejan una exposición preocupante en todos los escenarios evaluados. El TRC total derivado del consumo de frutos de guamúchil fue de 2.45×10^{-3} en mujeres y 2.20×10^{-3} en hombres, mientras que en los frutos de guayaba fue de 2.19×10^{-3} en mujeres y 1.96×10^{-3} en hombres (Cuadro 4). De acuerdo con los rangos establecidos por la EPA, estos valores se clasifican dentro del nivel de riesgo alto (de 10^{-3} a 10^{-1}),

lo que sugiere una probabilidad considerable de desarrollar efectos cancerígenos a lo largo de la vida.

La evaluación de riesgos a la salud de la población constituye un enfoque cuantitativo que permite estimar los peligros asociados a la exposición humana (Ullah et al., 2022), lo que es fundamental para valorar la seguridad alimentaria, considerando que el consumo de alimentos representa una de las principales vías de ingesta de metales pesados (Khandare et al., 2022). En este estudio, el Mn, Cr y Pb fueron los elementos con mayor contribución al THQ, con valores más altos en mujeres.

En cuanto al TCR, los valores se ubicaron en el rango de riesgo alto (10^{-3}) de Cr y Ni, y Pb, siendo las mujeres el grupo más vulnerable. Esto indica una probabilidad de desarrollar efectos cancerígenos a lo largo de la vida, lo que adquiere especial relevancia en áreas urbanas donde la recolección y el consumo de frutos de árboles constituye un hábito en algunos sectores de la población, considerando que las partículas emitidas pueden depositarse directamente en las partes comes-

Cuadro 3. Riesgo no cancerígeno (THQ) por el consumo de frutos de árboles urbanos de guamúchil y guayaba del Área Metropolitana de Guadalajara

FRUTO	SEXO	Cr	Mn	Ni	Pb	Zn	THQ TOTAL	NIVEL DE RIESGO
Guamúchil	Mujeres	0.8447	0.0293	0.0346	0.3555	0.0034	1.2674	THQ < 1 riesgo no significativo o aceptable
	Hombres	0.7585	0.0263	0.0310	0.3193	0.0030	1.1382	THQ ≥ 1 riesgo no cancerígeno
Guayaba	Mujeres	0.6935	0.0204	0.0335	0.2970	0.0024	1.0468	
	Hombres	0.6228	0.0183	0.0301	0.2667	0.0022	0.9401	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4. Riesgo cancerígeno (TCR) por el consumo de frutos de árboles urbanos de guamúchil y guayaba del Área Metropolitana de Guadalajara

FRUTO	SEXO	Cr	Ni	Pb	TCR TOTAL	NIVEL DE RIESGO
Guamúchil	Mujeres	$1.27 \cdot 10^{-3}$	$1.18 \cdot 10^{-3}$	$1.06 \cdot 10^{-5}$	$2.45 \cdot 10^{-3}$	$\leq 10^{-6}$ bajo
	Hombres	$1.14 \cdot 10^{-3}$	$1.06 \cdot 10^{-3}$	$9.50 \cdot 10^{-6}$	$2.20 \cdot 10^{-3}$	10^{-4} a 10^{-3} moderado
Guayaba	Mujeres	$1.04 \cdot 10^{-3}$	$1.14 \cdot 10^{-3}$	$8.84 \cdot 10^{-6}$	$2.19 \cdot 10^{-3}$	10^{-3} a 10^{-1} alto
	Hombres	$9.34 \cdot 10^{-4}$	$1.02 \cdot 10^{-3}$	$7.93 \cdot 10^{-6}$	$1.96 \cdot 10^{-3}$	10^{-1} muy alto

Fuente: Elaboración propia.

tibles de las plantas (Ahmed *et al.*, 2022). Además, la combinación entre factores ambientales y características morfológicas de los frutos puede intensificar este riesgo (Romanova y Lovell, 2021).

Análisis integral y alcances del estudio

El arbolado urbano es un componente crucial para la sostenibilidad, la resiliencia y la calidad de vida en las ciudades (Chao y Lin, 2025) al proporcionar una variedad de servicios ecosistémicos que contribuyen al bienestar humano (Augustsson *et al.*, 2023). Estos beneficios son innegables; sin embargo, contrastan con los riesgos a la salud humana por la acumulación de metales pesados en los frutos, lo que plantea la necesidad de equilibrar ambas dimensiones al considerar el aprovechamiento de especies urbanas para el consumo humano (Romanova y Lovell, 2021). Resulta relevante analizar cómo la población percibe estos riesgos, pues la percepción ofrece un primer indicador de la conciencia pública (Zhao *et al.*, 2024). Los resultados muestran que la

población reconoce la presencia de contaminantes y la posible acumulación en frutos y se alinea con el análisis de los metales pesados en los frutos; además, la evaluación de riesgos pone en evidencia que la ingesta de estos frutos puede representar un riesgo potencial a la salud de la población que los consume.

En conjunto, la articulación entre la percepción social, la determinación de metales pesados y la evaluación de riesgos, muestra la importancia de diseñar políticas públicas y estrategias de gestión que reconozcan simultáneamente el valor ecológico y sociocultural del arbolado, pero que al mismo tiempo se atiendan los riesgos para la salud asociados a su consumo (Figura 5). Entre las medidas prioritarias se incluyen: 1) selección de especies menos propensas a acumular metales pesados en órganos comestibles, 2) planeación de ubicación considerando distancias a vialidades y barreras físicas que reduzcan deposición (p. ej., muros, fachadas) (Ahmed *et al.*, 2022), 3) biomonitoreo periódico con protocolos comparables y 4) comunicación de

Figura 5. Vinculación entre la percepción social, la acumulación de metales pesados en frutos de árboles urbanos y la evaluación de riesgos



Fuente: Elaboración propia.

riesgo adaptado al contexto local con mecanismos de participación ciudadana que fortalezcan la confianza y la adopción de prácticas seguras (Ward *et al.*, 2022; Relvas *et al.*, 2025).

Adicionalmente, el cambio en la percepción de los participantes tras responder el cuestionario evidencia que el acceso a información puede desencadenar procesos de reflexión, ampliando la comprensión entre la contaminación, la bioacumulación y la exposición humana. Asimismo, 5% de los encuestados manifestó interés en profundizar en el tema, lo que sugiere un potencial para vincular esto con procesos de participación ciudadana. En contraste, entre quienes no reportaron cambios en su percepción, se identificaron patrones que van desde el conocimiento previo hasta el escepticismo, la indiferencia o la falta de información suficiente para formarse una opinión fundamentada. Esto muestra que la percepción no es estática, sino que puede transformarse con la información.

En este sentido, la participación ciudadana permite involucrar a las personas en todas las fases de la investigación, la vigilancia de la calidad ambiental y la traducción de resultados en acciones comunitarias (Gignac *et al.*, 2022). La integración de estas perspectivas locales con el conocimiento científico facilita la generación de lineamientos más efectivos para la gestión del arbolado urbano, por lo que no solo resulta fundamental la selección de especies menos propensas a acumular contaminantes, sino también la planificación de su ubicación, ya que factores como la distancia respecto a vialidades y la presencia de barreras físicas contribuyen a reducir la deposición de metales pesados en los frutos (Ahmed *et al.*, 2022).

Bajo esta perspectiva, las políticas públicas deben orientarse al fomento del arbolado urbano con lineamientos claros para su plantación y manejo. Esto implica impulsar investigaciones sobre especies frutales, programas de biomonitorio continuo y esquemas de gestión que integren la salud pública y la sostenibilidad (Wang *et al.*, 2024). Es esencial articular estos esfuerzos con estudios de percepción social para fortalecer la confianza pública mediante la divulgación transparente de la información (Gignac *et al.*, 2022). Para ello, es necesario impulsar estrategias de divulgación científica

eficaces, dado que la participación ciudadana es crucial para una gobernanza ambiental (Wang *et al.*, 2024).

La integración del conocimiento científico con saberes comunitarios constituye una estrategia para la infraestructura verde, mientras que la silvicultura alimentaria requiere enfoques basados en la ciencia (Vannozzi Brito y Borelli, 2020). Este estudio resalta la necesidad de un manejo integral que reconozca tanto los beneficios ecosistémicos y socioculturales de los árboles frutales como los riesgos asociados a metales pesados. En áreas urbanas contaminadas, resulta pertinente reconsiderar el uso de especies frutales; la incorporación de vegetación no comestible constituye una alternativa adecuada para reducir el riesgo de exposición (Wang *et al.*, 2021). En contraste, las especies frutales podrían promoverse preferentemente en zonas con menor carga de contaminantes, donde su consumo implique menores riesgos para la población (Ammons *et al.*, 2022).

Conclusiones

Los resultados de este estudio evidencian que la población del Área Metropolitana de Guadalajara reconoce la posibilidad de que el aire esté contaminado con metales pesados y que estos se acumulen en los frutos de árboles urbanos. No obstante, persiste una proporción de personas con percepciones neutrales, lo que refleja una brecha en el acceso a la información científica. Además, se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre sexos, grupos etarios y nivel de escolaridad, lo que sugiere que factores socioculturales y experiencias personales influyen en la percepción ciudadana.

El análisis químico confirmó las percepciones al detectar acumulación de Mn, Cr, Ni, Pb y Zn en frutos de guamúchil y guayaba, con valores particularmente altos de Mn y Cr, elementos que pueden ocasionar efectos crónicos en la salud bajo consumo sostenido. La evaluación de riesgos reveló la existencia de riesgos no cancerígenos (THQ) en escenarios de exposición prolongada, así como valores de riesgo cancerígeno (TCR) dentro del rango alto definido por la EPA, principalmente asociados al Cr y Ni, lo que representa un motivo de preocupación para la salud pública.

Los resultados sobre cambios de percepción tras el cuestionario confirman que el acceso a información puede modificar actitudes frente a los riesgos ambientales. El interés en profundizar en el tema evidencia que la población está dispuesta a involucrarse cuando cuenta con evidencia confiable. Sin embargo, la persistencia de escepticismo resalta la necesidad de fortalecer la divulgación científica y la educación ambiental para la toma de decisiones informadas. En este sentido, la integración de la percepción ciudadana con la evidencia científica resulta esencial para que las políticas públicas y estrategias de manejo sean técnicamente sólidas y socialmente aceptadas.

A partir de los resultados, resulta indispensable implementar programas de biomonitorio continuo de metales pesados y estrategias de comunicación eficaces. Asimismo, es prioritario impulsar investigaciones interdisciplinarias que orienten la formulación de políticas para la selección de especies menos propensas a acumular contaminantes y la planificación de su ubicación. En áreas urbanas con alto tráfico vehicular, resulta pertinente reconsiderar el uso de especies frutales, priorizando su sustitución por especies leñosas perennes no comestibles. En conjunto, este estudio refuerza la necesidad de equilibrar los beneficios ecológicos y sociales de los árboles con los riesgos a la salud asociados al consumo de sus frutos, mediante medidas preventivas, educativas y de gestión que garanticen entornos urbanos más seguros y resilientes.

Agradecimientos

Agradecemos a las personas revisoras quienes a través de sus observaciones contribuyeron a mejorar la calidad y claridad de este manuscrito.

Referencias

- Ahmed, Zienab; Kaur, Navjot, y Hassan, Fatima (2022). "Ornamental Date Palm and Sidr Trees: Fruit Elements Composition and Concerns Regarding Consumption". *International Journal of Fruit Science*, 22(1), pp. 17-34. <https://doi.org/10.1080/15538362.2021.1995570>
- Aleman-Ramirez, José Luis; Okoye, Patrick; Torres-Arellano, Soleyda, y Sebastian, Pathiyamattom (2024). "Challenges and Prospects in Energetic Application of *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth as a Bioenergy Tree". *Biofuels Bioproducts and Biorefining*, 18(5), pp. 1658-1675. <https://doi.org/10.1002/bbb.2601>
- Ali, Muhammad; Choudhury, Tasrina; Hossain, Babul, y Ali, Panna (2014). "Determination of Traces of Molybdenum and Lead in Foods by X-Ray Fluorescence Spectrometry". *SpringerPlus*, 3, pp. 1-9. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-341>
- Alonso, Francisco; Faus, Mireia; Esteban, Cristina, y Useche, Sergio (2023). "Who Wants to Change their Transport Habits to Help Reduce Air Pollution? A Nationwide Study in the Caribbean". *Journal of Transport & Health*, 33, pp. 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2023.101703>
- Al-Shidi, Hilal; Ambusaidi, Abdullah Khamis, y Sulaiman, Hameed (2021). "Public Awareness, Perceptions and Attitudes on Air Pollution and its Health Effects in Muscat, Oman". *Journal of The Air and Waste Management Association*, 71(9), pp. 1159-1174. <https://doi.org/10.1080/10962247.2021.1930287>
- Amarloei, Ali; Nourmoradi, Heshmatollah; Nazmara, Shahrokh; Heidari, Mohsen; Mohammadi-Moghadam, Fazel, y Mazloomi, Sajad (2024). "Toxic Heavy Metals of Agricultural Products in Developing Countries and Its Human Health Risk Assessment: A Study from Iran". *Heliyon*, 11(1), pp. 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40886>
- Ammons, Samantha; Aja, Hayley; Ghazarian, Armen; Lai, Gabriel, y Ellison, Gary (2022). "Perception of Worry of Harm From Air Pollution: Results from the Health Information National Trends Survey (HINTS)". *BMC Public Health*, 22, pp. 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-13450-z>
- Angulo-López, Jorge; Flores-Gallegos, Adriana; Torres-León, Cristian; Ramírez-Guzmán, Karen; Martínez, Gloria, y Aguilar, Cristóbal (2021). "Guava (*Psidium guajava* L.) Fruit and Valorization of Industrialization By-Products". *Processes*, 9(6), pp. 1-17. <https://doi.org/10.3390/pr9061075>

- Augustsson, Anna; Lundgren, Maria; Qvarforth, Anna; Engström, Emma; Paulukat, Cora; Rodushkin, Ilia; Moreno-Jiménez, Eduardo; Beesley, Luke; Trakal, Lukáš, y Hough, Rupert (2023). "Urban Vegetable Contamination - The Role of Adhering Particles and their Significance for Human Exposure". *The Science of the Total Environment*, 900, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165633>
- Boso, Àlex; Oltra, Christian; Álvarez, Boris; Garrido, Jaime; Hofflinger, Álvaro, y Gálvez-García, Germán (2024). "Why Do We Misperceive Air Pollution? A Scoping Review of Key Judgmental Biases". *Air Quality Atmosphere and Health*, 18, pp. 447-460. <https://doi.org/10.1007/s11869-024-01650-y>
- Byers, Harris; McHenry, Lindsay, y Grundl, Timothy (2018). "XRF Techniques to Quantify Heavy Metals in Vegetables at Low Detection Limits". *Food Chemistry: X*, 1, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2018.100001>
- Chao, Jen-Chih y Lin, Ji-Yuan (2025). "The Impact of Perceived Social Benefits on Civic Advocacy for Urban Green Infrastructure: A Moderated Mediation Model of Collective Psychological Ownership". *Urban Forestry and Urban Greening*, 113, Artículo 129024. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2025.129024>
- Correa-Ochoa, Mauricio; Mejía-Sepulveda, Juliana; Saldarriaga-Molina, Julio; Castro-Jiménez, Camilo, y Aguiar-Gil, David (2022). "Evaluation of Air Pollution Tolerance Index and Anticipated Performance Index of Six Plant Species, in an Urban Tropical Valley: Medellín, Colombia". *Environmental Science and Pollution Research*, 29, pp. 7952-7971. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16037-0>
- Cronbach, Lee (1951). "Coefficient Alpha and the Internal Structure of Tests". *Psychometrika*, 16(3), pp. 297-334. <https://doi.org/10.1007/bf02310555>
- Dadea, Claudia; Russo, Alessio; Tagliavini, Massimo; Mimmo, Tanja, y Zerbe, Stefan (2017). "Tree Species as Tools for Biomonitoring and Phytoremediation in Urban Environments: A Review with Special Regard to Heavy Metals". *Arboriculture and Urban Forestry*, 43(4), pp. 1-13. <https://doi.org/10.48044/jauf.2017.014>
- EPA (U.S. Environmental Protection Agency) (2001). *Risk Assessment Guidance for Superfund. Volume III - Part A, Process for Conducting Probabilistic Risk Assessment*. Office of Emergency and Remedial Response. <https://semspub.epa.gov/work/HQ/134487.pdf>
- Essa, Salman y Al-Jibury, Dunya (2017). "Heavy Metals Pollution for Soils in Some of Roads and Squares of Baghdad City Center". *The Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 48(6), pp. 1472-1456. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.23815.04003>
- FIPRODEFO (Fideicomiso para la Administración del Programa de Desarrollo Forestal del Estado de Jalisco) (2018). *Programa de ordenamiento de arbolado y áreas verdes urbanas*. Fideicomiso para la Administración del Programa de Desarrollo Forestal del Estado de Jalisco. <https://geoportal.fiprodefo.gob.mx/wp-content/doctec/POAUM.pdf>
- Fornell, Claes y Larcker, David (1981). "Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error". *Journal of Marketing Research*, 18(1), pp. 39-50. <https://doi.org/10.1177/002224378101800104>
- Foroughi, Maryam y Weil, Raymond (2024). "Soil Lead, Zinc, and Copper in Two Urban Forests as Influenced by Highway Proximity". *Journal of Environmental Quality*, 54(1), pp. 275-288. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20642>
- Fusaro, Lina; Salvatori, Elisabetta; Winkler, Aldo; Frezzini, Maria Agostina; De Santis, Elena; Sagnotti, Leonardo; Canepari, Silvia, y Manes, Fausto (2021). "Urban Trees for Biomonitoring Atmospheric Particulate Matter: An Integrated Approach Combining Plant Functional Traits, Magnetic and Chemical Properties". *Ecological Indicators*, 126, pp. 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.ecoind.2021.107707>
- Gignac, Florence; Righi, Valeria; Toran, Raül; Errandonea, Lucía; Ortiz, Rodney; Nieuwenhuijsen, Mark; Creus, Javier; Basagaña, Xavier, y Balestrini, Mara (2022). "Co-creating a Local Environmental Epidemiology Study: The Case of Citizen Science for Investigating Air Pollution and Related Health Risks in Barcelona, Spain". *Environmental Health*, 21, pp. 1-13. <https://doi.org/10.1186/s12940-021-00826-8>
- Gori, Antonella; Ferrini, Francesco, y Fini, Alessio (2019). "Growing Healthy Food under Heavy Metal Pollution Load: Overview and Major Challenges of Tree

- Based Edible Landscapes". *Urban Forestry and Urban Greening*, 38, pp. 403-406. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.01.010>
- Hair, Joseph; Hult, Tomas; Ringle, Christian; Sarstedt, Marko, y Thiele, Kai Oliver (2017). "Mirror, Mirror on the Wall: A Comparative Evaluation of Composite-Based Structural Equation Modeling Methods". *Journal of the Academy of Marketing Science*, 45, pp. 616-632. <https://doi.org/10.1007/s11747-017-0517-x>
- Hoaghia, Maria-Alexandra; Cadar, Oana; Moisa, Corina; Roman, Cecilia, y Kovacs, Eniko (2022). "Heavy Metals and Health Risk Assessment in Vegetables Grown in the Vicinity of a Former Non-Metallic Facility Located in Romania". *Environmental Science and Pollution Research*, 29, pp. 40079-40093. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18879-8>
- IIEG (Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco) (2021). *Principales Resultados del Censo 2020 Jalisco, 2010-2020*. Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco. <https://iieg.gob.mx/ns/wp-content/uploads/2021/02/Resultados-del-Censo-Jalisco-2020.pdf>
- Isinkaralar, Kann (2022a). "Atmospheric Deposition of Pb and Cd in the *Cedrus atlantica* for Environmental Biomonitoring". *Landscape and Ecological Engineering*, 18, pp. 341-350. <https://doi.org/10.1007/s11355-022-00503-z>
- Isinkaralar, Kann (2022b). "The Large-Scale Period of Atmospheric Trace Metal Deposition to Urban Landscape Trees as a Biomonitor". *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14, pp. 6455-6464. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02796-4>
- Ismael, Ildar Saleh y Goran, Siraj (2024). "Health Risk Assessment of Heavy Metals in some Vegetables-Erbil City-Kurdistan Region of Iraq". *Environmental Monitoring and Assessment*, 196, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12542-0>
- Izquierdo-Díaz, Miguel; Hansen, Veronika; Barrio-Parra, Fernando; De Miguel, Eduardo; You, Yawen, y Magid, Jakob (2023). "Assessment of Lettuces Grown in Urban Areas for Human Consumption and as Bioindicators of Atmospheric Pollution". *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 256, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.114883>
- Kais, Karolina; Gołaś, Marlena, y Suchocka, Marzena (2021). "Awareness of Air Pollution and Ecosystem Services Provided by Trees: The Case Study of Warsaw City". *Sustainability*, 13(19), pp. 1-24. <https://doi.org/10.3390/su131910611>
- Kaiser, Michelle; Williams, Michele; Basta, Nicholas; Hand, Michelle, y Huber, Sarah (2015). "When Vacant Lots Become Urban Gardens: Characterizing the Perceived and Actual Food Safety Concerns of Urban Agriculture in Ohio". *Journal of Food Protection*, 78(11), pp. 2070-2080. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-15-181>
- Key, Kubra y Kulaç, Şemsettin (2022). "Proof of Concept to Characterize Historical Heavy Metal Concentrations from Annual Rings of *Corylus colurna*: Determining the Changes of Pb, Cr, and Zn Concentrations in Atmosphere in 180 years in North Turkey". *Air Quality Atmosphere and Health*, 15, pp. 1623-1633. <https://doi.org/10.1007/s11869-022-01206-y>
- Khalilnezhad, Mohammad; Taheri, Mohammad; Russo, Alessio; Nasseh, Negin, y Taheri, Ahmad (2024). "Designing Healthy Edible Cities: Investigating the Environmental and Spatial Factors Affecting Urban Fruit Safety". *Cities and Health*, 2024, pp. 1-8. <https://doi.org/10.1080/23748834.2024.2352233>
- Khandare, Arjun; Validandi, Vakdevi; Jamalpur, Ravi; Dheeravath, Srinivas; Kurella, Srinivasu; Chauhan, Anitha; Boiroju, Naveen, y Thingnganing, Longvah (2022). "Potential Health Risks Associated with the Heavy Metal Content in Commonly Consumed Food from Prakasam District of Andhra Pradesh, India". *Biological Trace Element Research*, 200, pp. 3453-3461. <https://doi.org/10.1007/s12011-021-02918-5>
- Kravkaz Kuşçu, İnci; Bayraktar, Mukaddes, y Tunçer, Barış (2022). "Determination of Heavy Metal (Cr, Co, and Ni) Accumulation in Selected Vegetables Depending on Traffic Density". *Water Air and Soil Pollution*, 233, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05697-4>
- Liu, Yanping; Zhao, Xiulian; Liu, Ruiming; Zhou, Jinxing, y Jiang, Zeping (2022). "Biomonitoring and Phytoremediation Potential of the Leaves, Bark, and Branch Bark of Street Trees for Heavy Metal Pollution in Urban Areas". *Environmental Monitoring and Assessment*, 194, pp. 1-14. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10004-z>

- Malla Sotomayor, Paulina Alexandra y Garrido Sacán, Johanna Elizabeth (2025). "Diagnóstico de competencias digitales docentes en Sucumbíos: caracterización de factores asociados en un estudio exploratorio". *Revista Científica Multidisciplinaria Ogma*, 4(2), pp. 116-132. <https://doi.org/10.69516/m2cwx67>
- Marques, Valeria; Ursi, Suzana; Lima Silva, Edneusa, y Katon, Geisly (2020). "Environmental Perception: Notes on Transdisciplinary Approach". *Scientific Journal of Biology and Life Sciences*, 1(2), pp. 1-9. <https://doi.org/10.33552/sjbls.2020.01.000511>
- Mayorga, César; Ruiz, Mery, y Aldas, Darwin (2020). "Percepciones acerca de la contaminación del aire generada por el transporte urbano en Ambato, Ecuador". *Revista Espacios*, 41(17), pp. 1-8.
- Milfont, Taciano y Sibley, Chris (2016). "Empathic and Social Dominance Orientations Help Explain Gender Differences in Environmentalism". *Personality and Individual Differences*, 90, pp. 85-88. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2015.10.044>
- Milibari, Albaraa; Badri, Hatim; Khan, Wahaj, y Rumchev, Krassi (2025). "Public Perception and Knowledge on Air Pollution and its Health Effects in Makkah, Saudi Arabia". *Journal of The Air and Waste Management Association*, 75(8), pp. 670-681. <https://doi.org/10.1080/10962247.2025.2517779>
- Nahar, Najmun; Hossain, Zakira, y Mahiuddin, Sanjia (2022). "Assessment of the Environmental Perceptions, Attitudes, and Awareness of City Dwellers Regarding Sustainable Urban Environmental Management: A Case Study of Dhaka, Bangladesh". *Environment Development and Sustainability*, 25, pp. 7503-7531. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02354-y>
- Orioli, Ricardo; Antonucci, Chiara; Scortichini, Matteo; Cerza, Francesco; Marando, Federica; Ancona, Carla; Manes, Fausto; Davoli, Marina; Michelozzi, Paola; Forastiere, Francesco, y Cesaroni, Giulia (2019). "Exposure to Residential Greenness as a Predictor of Cause-Specific Mortality and Stroke Incidence in the Rome Longitudinal Study". *Environmental Health Perspectives*, 127(2), pp. 1-11.
- Parveen, Riffat; Abbasi, Arshad; Shaheen, Nazia, y Shah, Munir (2017). "Accumulation of Selected Metals in the Fruits of Medicinal Plants Grown in Urban Environment of Islamabad, Pakistan". *Arabian Journal of Chemistry*, 13(1), pp. 308-317. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2017.04.010>
- Peniche-Camps, Salvador y Cortez-Huerta, Mauro (2020). "La costumbre al envenenamiento: El caso de los contaminantes atmosféricos de la ciudad de Guadalajara, México". *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(2), pp. 1-19. <https://doi.org/10.15359/rca.54-2.1>
- POFMET (Plan de Ordenamiento Forestal Metropolitano) (2018). "Censo de Árboles en la Zona Metropolitana de Guadalajara". *Fideicomiso para la Administración del Programa de Desarrollo Forestal del Estado de Jalisco*. <https://geoportal.fiprodefo.gob.mx/pofmet/censo-%20de-arboles-en-la-zona-metropolitana-de-guadalajara/>
- Rauf, Annisa; Mallongi, Anwar; Lee, Kiyong; Daud, Anwar; Hatta, Muhammad; Madhoun, Wesam, y Astuti, Ratna (2021). "Potentially Toxic Element Levels in Atmospheric Particulates and Health Risk Estimation around Industrial Areas of Maros, Indonesia". *Toxics*, 9(12), pp. 1-14. <https://doi.org/10.3390/toxics9120328>
- Relvas, Hélder; Lopes, Diogo, y Armengol, Jan Mateu (2025). "Empowering Communities: Advancements in Air Quality Monitoring and Citizen Engagement". *Urban Climate*, 60, pp. 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2025.102344>
- Romanova, Olga y Lovell, Sarah (2021). "Food Safety Considerations of Urban Agroforestry Systems Grown in Contaminated Environments". *Urban Agriculture and Regional Food Systems*, 6(1), pp 1-15. <https://doi.org/10.1002/uar.2.20008>
- Saldarriaga-Noreña, Hugo; Hernández-Mena, Leonel; Murillo-Tovar, Mario; López-López, Alberto, y Ramírez-Muñiz, Martín (2011). "Elemental Contribution to the Mass of PM_{2.5} in Guadalajara City, Mexico". *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 86, pp. 490-494. <https://doi.org/10.1007/s00128-011-0240-0>
- Saligari, Serena; Nabukwangwa, William; Mwitari, James; De Cuevas, Rachel; Clayton, Stephen; Nyongesa, Margaret; Puzzolo, Elisa; Pope, Daniel, y Nix, Emily (2025). "Whose Pollution, Whose Problem?"

- Understanding Perceptions of Air Pollution and Implications for Clean Cooking (for Health) in Nairobi Schools". *Health and Place*, 91, pp. 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2024.103398>
- Schreck, Eva; Goff, Lucie; Calas, Aude; Fleming, Zoë; Bosch, Carme; Yettou, Aubin; Mesas, Mireia; Martínez-Lladó, Xavier; Vallejos-Romero, Arturo; Blot, Frédérique; Baritaud, Carine, y Peltier, Anne (2025). "An Interdisciplinary Approach for Air Quality Assessment: Biomonitoring Using *Tillandsia bergieri* and Risk Perceptions in the Environmentally Sacrificed Province of Chacabuco, Chile". *Environmental Geochemistry and Health*, 47, pp. 1-30. <https://doi.org/10.1007/s10653-024-02348-x>
- Sert, Elif; Turkmen, Musa, y Cetin, Mehmet (2019). "Heavy Metal Accumulation in Rosemary Leaves and Stems Exposed to Traffic-Related Pollution Near Adana-İskenderun Highway (Hatay, Turkey)". *Environmental Monitoring and Assessment*, 191, pp. 1-12. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7714-7>
- Taherdoost, Hamed (2017). "Determining Sample Size; How to Calculate Survey Sample Size". *International Journal of Economics and Management Systems*, 2, pp. 237-239. <https://ssrn.com/abstract=3224205>
- Taylor, Mark; Isley, Cynthia; Fry, Kara; Liu, Xiaochi; Gillings, Max; Rouillon, Marek; Soltani, Neda; Gore, Damian, y Filippelli, Gabriel (2021). "A Citizen Science Approach to Identifying Trace Metal Contamination Risks in Urban Gardens". *Environment International*, 155, pp. 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106582>
- Uka, Ufere; Belford, Ebenezer, y Elebe, Florence (2021). "Effects of Road Traffic on Photosynthetic Pigments and Heavy Metal Accumulation in Tree Species of Kumasi Metropolis, Ghana". *SN Applied Sciences*, 3, pp. 1-12. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-04027-9>
- Ullah, Hidayat; Khaliq, Musawer; Ullah, Naqeeb; Iqbal, Anwar; Ullah, Fozia, y Ullah, Irshad (2022). "Health Risk Assessment and Multivariate Statistical Analysis of Heavy Metals in Vegetables of Khyber Pakhtunkhwa Region, Pakistan". *Biological Trace Element Research*, 200, pp. 3023-3038. <https://doi.org/10.1007/s12011-021-02892-y>
- Vannozzi Brito, Vitor y Borelli, Simone (2020). "Urban Food Forestry and its Role to Increase Food Security: A Brazilian Overview and its Potentialities". *Urban Forestry and Urban Greening*, 56, pp. 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126835>
- Wang, Jingjing; Tang, Decai; Shang, Li, y Lansana, David (2024). "Impact of Air Pollution Perception on Environmental Governance Satisfaction". *Humanities and Social Sciences Communications*, 11, pp. 1-14. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-03484-6>
- Wang, Xingjia; Li, Wenbo; Wang, Dongyan; Wu, Songze; Yan, Zhuoran, y Han, Jiaqi (2021). "Trinity Assessment Method Applied to Heavy-Metal Contamination in Peri-Urban Soil-Crop Systems: A Case Study in Northeast China". *Ecological Indicators*, 132, pp. 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108329>
- Ward, Fiona; Lowther-Payne, Hayley; Halliday, Emma; Dooley, Keith; Joseph, Neil; Livesey, Ruth; Moran, Paul; Kirby, Simon, y Cloke, Jane (2022). "Engaging Communities in Addressing Air Quality: A Scoping Review". *Environmental Health*, 21, pp. 1-18. <https://doi.org/10.1186/s12940-022-00896-2>
- Yang, Pingguo; Ge, Jing, y Yang, Miao (2017). "Identification of Heavy Metal Pollution Derived from Traffic in Roadside Soil Using Magnetic Susceptibility". *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 98, pp. 837-844. <https://doi.org/10.1007/s00128-017-2075-9>
- Zakaria, Zuliana; Zulkafflee, Nur Syahirah; Redzuan, Nurul Adillah Mohd; Selamat, Jinap; Ismail, Mohd Razi; Praveena, Sarva Mangala; Tóth, Gergely, y Razis, Ahmad Faizal Abdul (2021). "Understanding Potential Heavy Metal Contamination, Absorption, Translocation and Accumulation in Rice and Human Health Risks". *Plants*, 10(6), pp. 1-29. <https://doi.org/10.3390/plants10061070>
- Zelezny, Lynnette; Chua, Poh-Pheng, y Aldrich, Christina (2000). "Elaborating on Gender Differences in Environmentalism". *Journal of Social Issues*, 56(3), pp. 443-457. <https://doi.org/10.1111/0022-4537.00177>
- Zhang, Zhi; Gong, Jialian; Li, Yu; Zhang, Weikang; Zhang, Tong; Meng, Huang, y Liu, Xiaowei (2022). "Analysis of the Influencing Factors of Atmospheric Particulate Matter Accumulation on Coniferous Species: Measurement Methods, Pollution Level, and Leaf Traits". *Environmental Science and Pollution*

Research, 29, pp. 62299–62311. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20067-7>
Zhao, Xinghua; Cao, Yumei, y Cheng, Zheng (2024).

“Perception Matters: How Air Pollution Influences Life Satisfaction in China”. *Heliyon*, 10(11), pp. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31927>

Semblanzas completas

Blanca Catalina Ramírez-Hernández. Doctorado por la Universidad Nacional Autónoma de México. Labora en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México. Líneas de interés: ecología aplicada y sustentabilidad, etnobiología y etnoantropología, toxicología ambiental, salud pública, educación y formación Ambiental.

Paulina Beatriz Gutiérrez-Martínez. Doctorado por la Universidad de Guadalajara, México. Labora en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México. Líneas de interés: contaminación de recursos, riesgos por consumo, exposición a contaminantes.

Javier Eugenio García de Alba Verduzco. Doctorado por la Universidad de Guadalajara, México. Labora en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Zapopan,

Jalisco, México. Líneas de interés: salud pública, epidemiología socio-cultural, toxicología ambiental y riesgos en salud.

Marcela Mariel Maldonado Villegas. Doctorado por la Universidad de Guadalajara, México. Labora en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México. Líneas de interés: toxicología de metales pesados en agroecosistemas, sustentabilidad y manejo de recursos naturales, epigenética y variación vegetal.

Sara Villanueva-Viramontes. Doctorado por el Centro de Investigación Científica de Yucatán, México. Investigadora Posdoctoral por México por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación, en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México. Líneas de interés: genética de la conservación, ecología molecular, etnobotánica, sustentabilidad ambiental y ecología urbana.