



Title: **Dispersión de partículas ultrafinas en el área metropolitana de Guadalajara, México**

Authors: PEÑA-GARCÍA, Laura, ROBLES-MURGUÍA, Celia, MACIEL-FLORES, Roberto y ROSAS-ELGUERA, José

Editorial label **ECORFAN: 607-8695**
BECORFAN Control Number: 2020-05
BECORFAN Classification (2020): 111220-0005

Pages: 12
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.
143 – 50 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.
Twitter: @EcorfanC

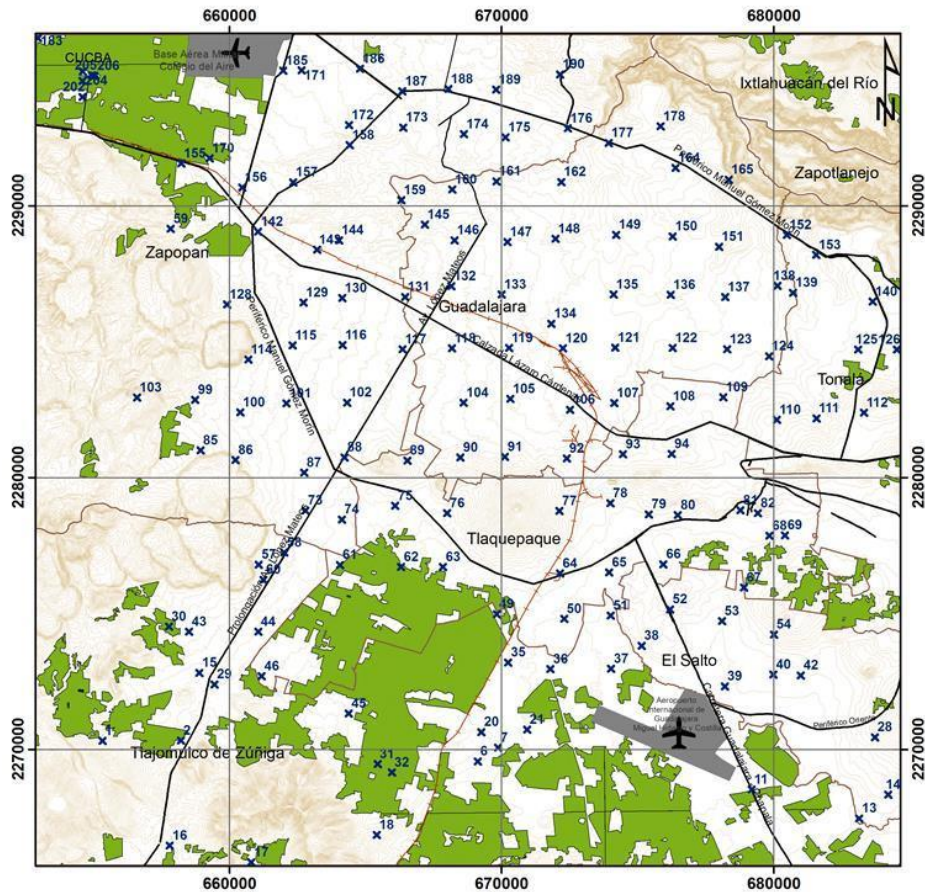
www.ecorfan.org

Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

Introducción

- En América Latina y México las actividades productivas han impactado la calidad de vida de la población y el medio ambiente, así como la fuerte carga vehicular y la poca precipitación pluvial (Querol, 2008).
- Pocos estudios se han realizado en la identificación y estimación de la concentración de metales pesados empleando hojas de plantas recolectadas en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) (Gutiérrez 2013; Gutiérrez 2015). Al respecto, se ha informado que la concentración de metales pesados (Al, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn) acumulados en hojas de Ficus benjamina determinada por absorción atómica, dependía de la estación del año y del metal (Gutiérrez, 2013).
- Con este trabajo se pretende contribuir al conocimiento sobre la contaminación del aire en el AMG.

Metodología

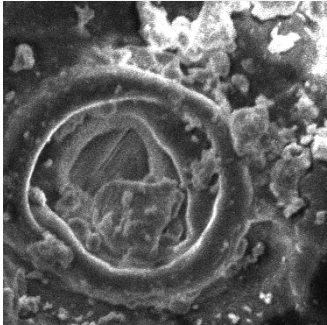


La colecta de polvo, suelo y hojas se realizó en seis municipios del área metropolitana de Guadalajara, México en marzo del 2013, con ellas se caracteriza la contaminación atmosférica producida por partículas metálicas depositadas en suelo y hojas de *Ficus benjamina* (Peña-García et al., 2016).

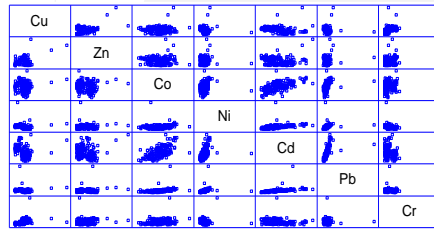
La observación de muestras de tejido pulmonar se realizó a finales del 2018 en el IJCF.

Metodología (continuación)

Técnicas empleadas



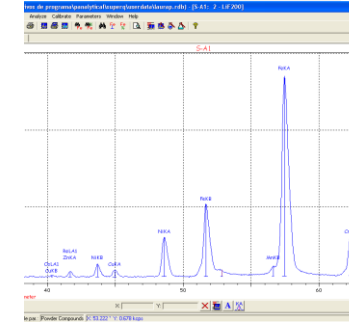
Microscopía electrónica barrido y EDS



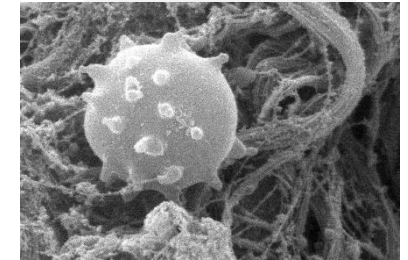
Espectrofotometría absorción atómica



Susceptibilidad magnética



Análisis multielemental fluorescencia rayos X



Microscopía electrónica barrido y EDS

Polvo en hojas de *Ficus benjamina*

Caracterización suelo

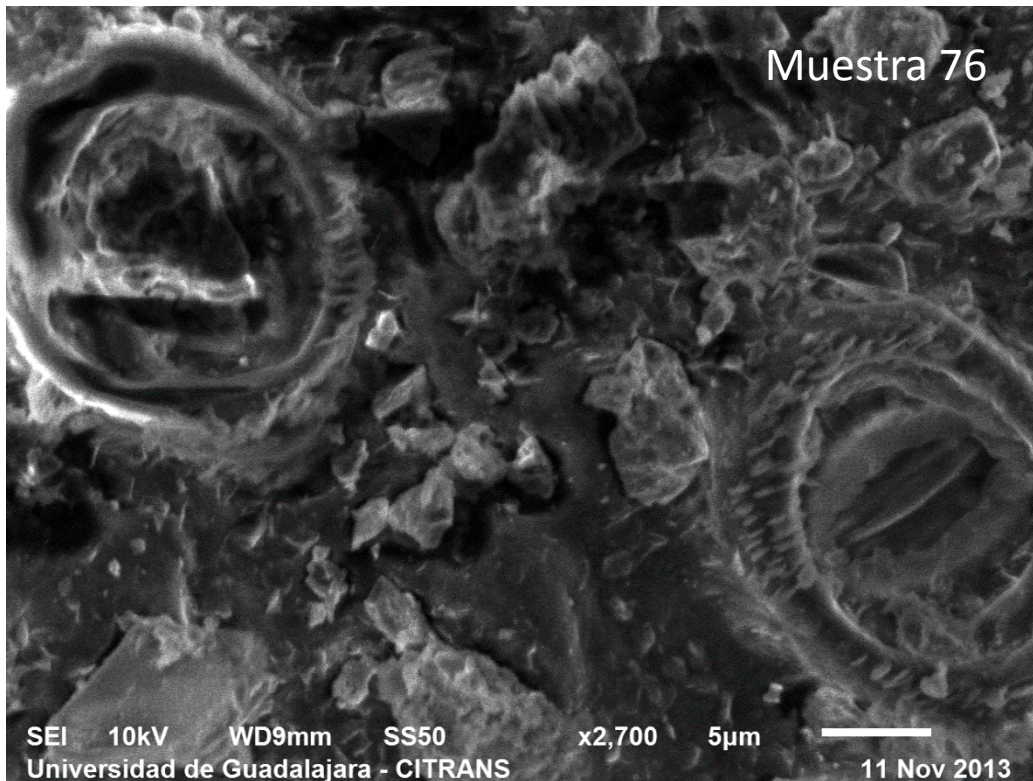
Tejido pulmonar

Resultados SEM de hoja

Partículas con forma esférica y ovalada, así como aglomerados de partículas. El tamaño es primordialmente menor de 10 μm . Estas se encuentran homogéneamente distribuidas dentro de los ostiolos y las áreas circundantes.

Ultrafinas y finas ($\sim 0.5\text{-}2.5\ \mu\text{m}$), sub-redondas a redondas y agregados. También de más de 5 μm con bordes angulosos, característico de suelo mineral. Las $< 2\ \mu\text{m}$ quizá fueron emitidas por fuentes antrópicas, producto de procesos de combustión.

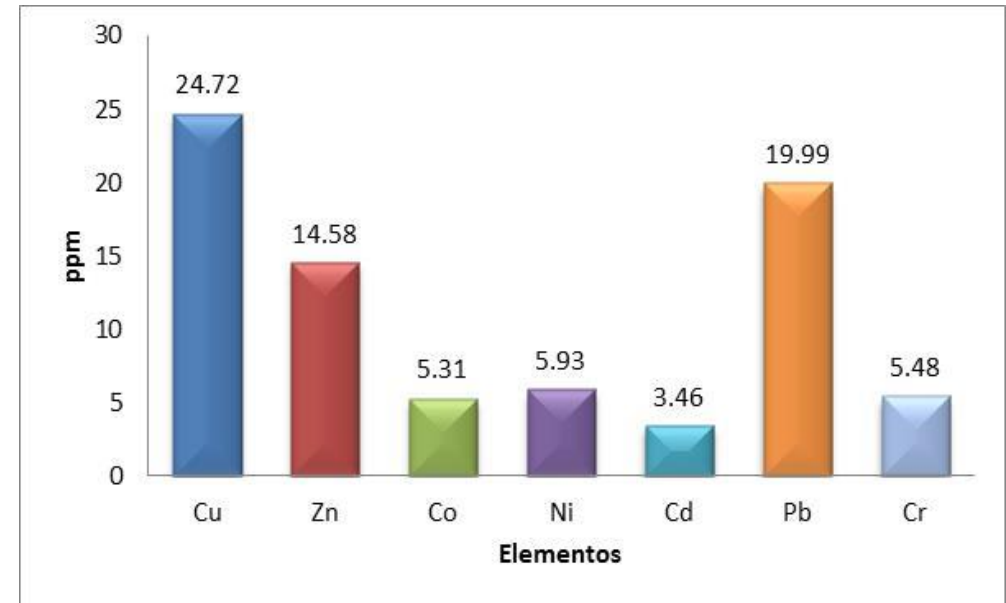
Ultrafinas que van de $< 1\ \mu\text{m}$ a partículas grandes de 5 a 10 μm y agregados depositados alrededor de las aberturas del estoma.



Resultados (continuación)

Ficus benjamina

- La concentración promedio de todos los metales pesados (excepto Zn) fue más alta que el valor informado en la “planta de referencia” propuesta por Market (1992).
- Los valores de concentración para Cd, Co, Pb Ni, Cr y Cu fueron 69, 26, 20, 3.9, 3.6 y 2.47 veces más altos que los valores de referencia, respectivamente.
- Las elevadas concentraciones pueden atribuirse a la acumulación progresiva de los metales en las hojas a través del tiempo.
- Al comparar la concentración de los metales pesados con el valor de concentración normal informado por otros autores, también se infiere contaminación (excepto Zn), aunque de forma más moderada.
- Resalta el caso para Ni y Cd, ya que los intervalos de concentración que exceden a la referencia son entre 12 y 17 veces más altos que los valores normales, respectivamente. Las concentraciones medias para los metales pesados reportados por Gutiérrez (2013) de Cu, Zn, Pb, Cd y Ni fueron 21.83, 19.50, 5.82, 1.60 y 0.97 mg/Kg, respectivamente.
- La comparación de estos datos con los obtenidos en este trabajo, indica que nuestros valores de concentración de metales fueron similares a los citados en la literatura, excepto para Cd, Pb y Ni, los cuales fueron 2.1, 3.4 y 6 veces más altos. En ambos casos, se infirió contaminación por metales pesados en el AMG.



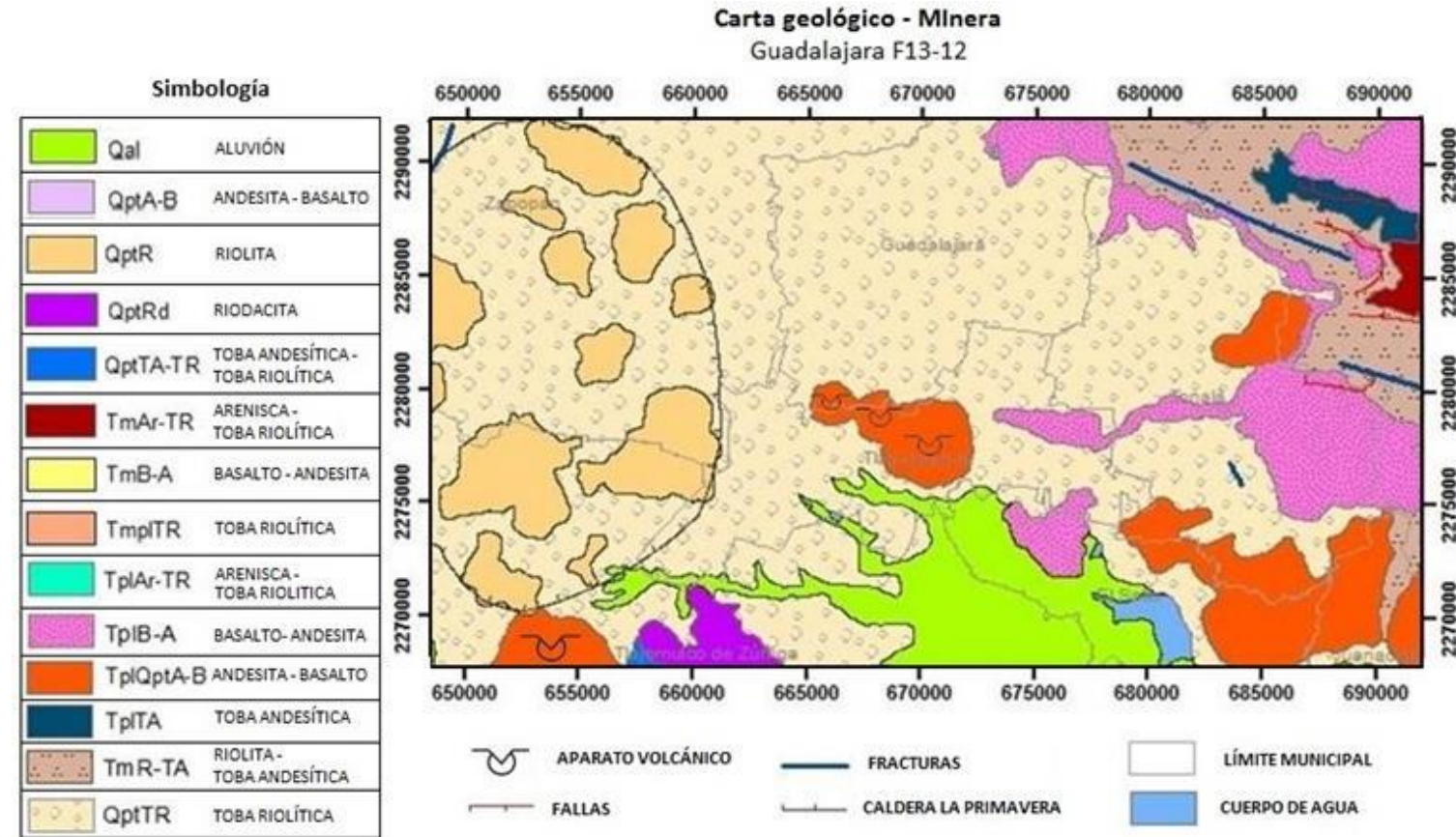
Elemento	Media mg/Kg	Desviación estándar mg/Kg	Valores normales ^a mg/Kg	Valores normales mg/Kg
Zn	14.58	13.93	50	8-400 ^b
Cd	3.46	2.08	0.05	0.2-0.8 ^b
Pb	19.99	25.97	1.0	0.1-10 ^b
Cu	24.72	23.28	10	4-15 ^c
Ni	5.93	5.47	1.5	0.5-5 ^c
Co	5.31	1.90	0.2	0.1-10 ^d
Cr	5.48	5.72	1.5	0.2-0.8 ^d

Markert, 1992a; Akguc et. al., 2008b; Akguc et. al, 2010c; Kabata-Pendias, 2000d

Resultados (continuación)

Propiedades magnéticas

- El valor mínimo de χ fue de $0.05 \mu\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$ y el máximo de $23.87 \mu\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$ sugiriendo la presencia de una gran variedad de minerales magnéticos tales como hematita ($\chi = 1.19\text{-}1.69 \mu\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$), goethita ($\chi = 0.35\text{-}1.26 \mu\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$) y ferrihidrita ($\chi = 1.4\text{-}2.15 \mu\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$) (Bautista *et al.*, 2014).
- Esta variedad puede asociarse a las características geológicas de la zona, encontrando rocas de origen volcánico de diferentes composiciones químicas. Las más recientes asociadas a la emisión de tobas ácidas de caída aérea y flujo provenientes de la Sierra de La Primavera (SLP), Cuaternario pleistoceno – holoceno (Qpt), edad entre 140,000 a 27,000 años.
- Estas rocas cubren a otras más antiguas de mayor espesor (cercano a SLP con espesor aproximado de 300 m hasta prácticamente desaparecer) hacia la zona de la barranca del Río Grande de Santiago.
- Proviene de edificios volcánicos más antiguos como los volcanes El Cuatro, Gachupín y El Tesoro. Rocas emitidas hace aproximadamente un millón de años (Ma), Terciario plioceno (Tpl), entre 8.7 a 13 Ma, corresponden principalmente a andesita (A), el basalto (B) del mioceno (Tm) (B y A) emitidas por fisuras o calderas que no son apreciadas en la actualidad (Maciel *et al.*, 2015).

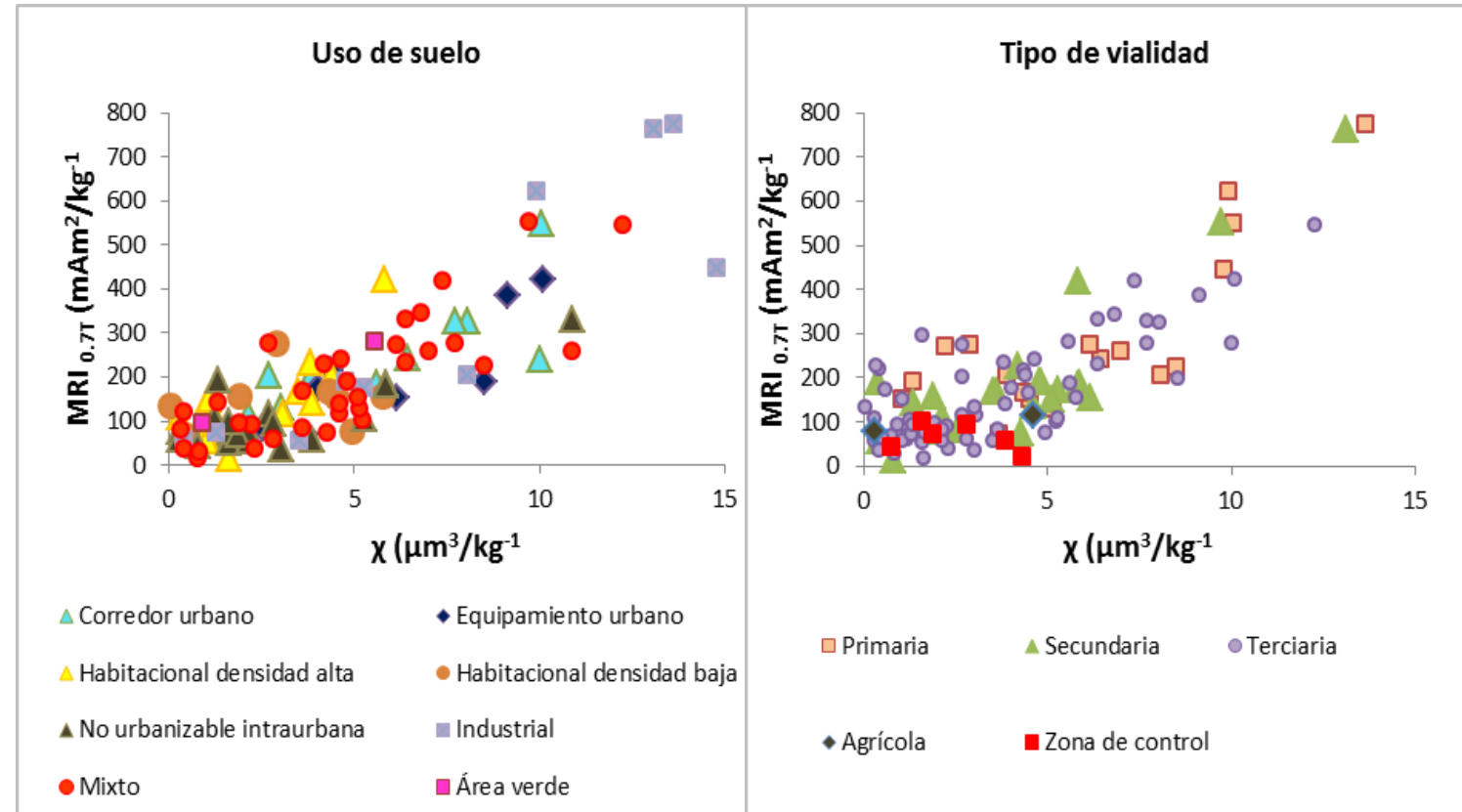


Geología de la zona de estudio (Adaptado de: Maciel *et al.*, 1992; Garnica Ibarra *et al.*, 2017)

Resultados (continuación)

MRI y susceptibilidad magnética

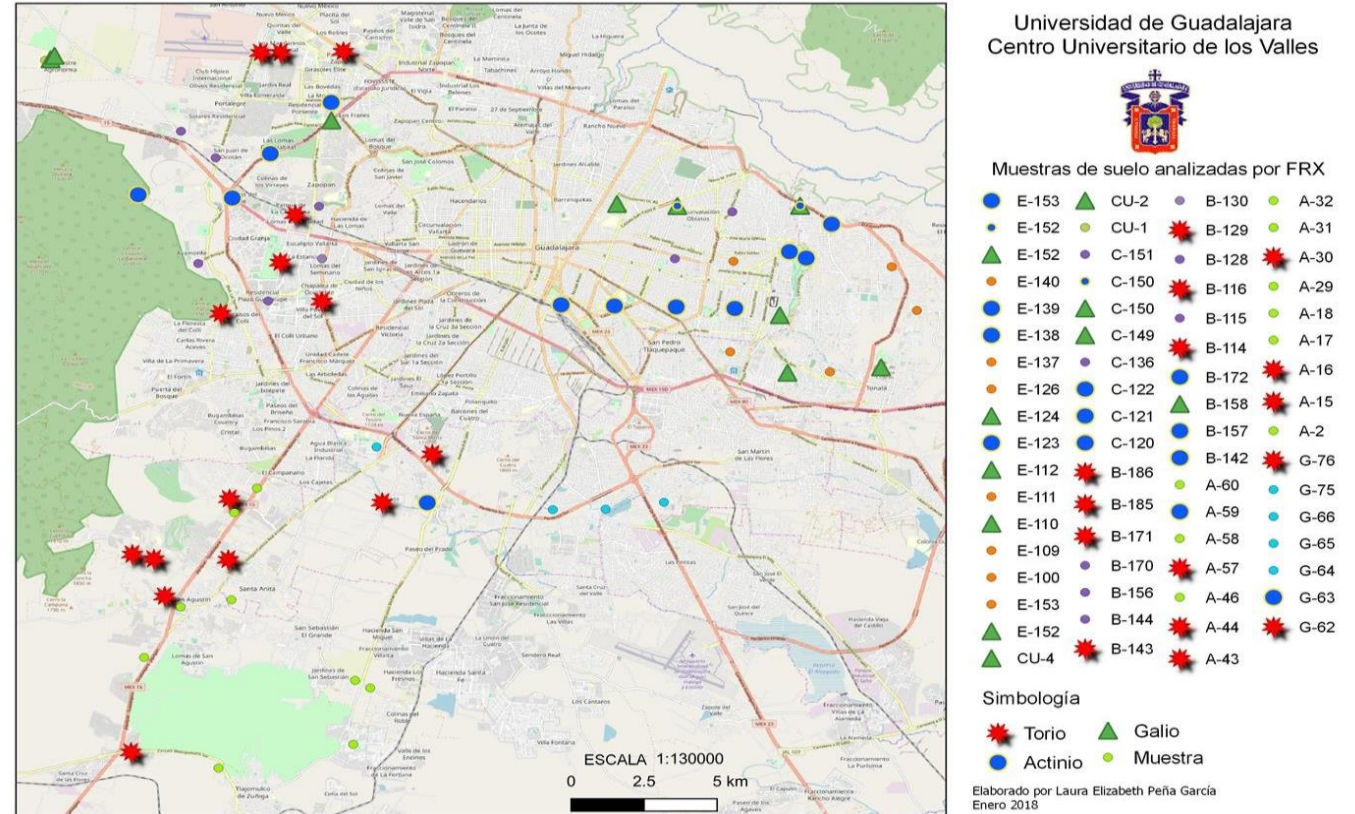
- La baja dispersión de los valores es evidente, las gráficas presentan una tendencia casi lineal, lo cual nos indica la presencia de portadores de tipo ferrimagnético. También se observan patrones de agrupamiento de sitios según el uso de suelo y tipo de vialidad. Los valores más distantes del origen muestran sitios con mayor concentración magnética.
- Los valores cercanos al origen, de baja concentración magnética, pertenecen a un grupo de muestras que se asocian con:
 - a) categorías de uso de suelo de áreas verdes, uno de ellos en SLP, el otro en el Parque de la Liberación,
 - b) no urbanizable intraurbana y
 - c) la zona agrícola y de control.
- Los valores más altos de concentración magnética los observamos en uso de suelo:
 - a) industrial, mixto, corredor urbano y
 - b) con vialidades primarias o secundarias.



Resultados (continuación)

Fluorescencia de rayos X (FRX)

- Se detectaron 21 elementos, sin embargo, en ningún sitio se encontraron todos ellos. En el 100 % de las muestras se observó la presencia de K, Ca, Ti, Ni, Cr, Mn, Fe, Zn y Os.
- En el 99 % se identificó la presencia de V y en el 97% de ellas Co, Re y Cu.
- Con menor frecuencia se observaron elementos como Br (1%), Nd y La (4%), Ga (13%), As (22%) y metales pesados como Pb (26%).
- Destaca la presencia de elementos como Ga, La, Nd, así como Os, Re, Cr y As, los cuales son muy tóxicos, así como de elementos radiactivos Th y Ac.
- El Ga estuvo presente principalmente al oriente del AMG (Peña-García et al., 2019c).

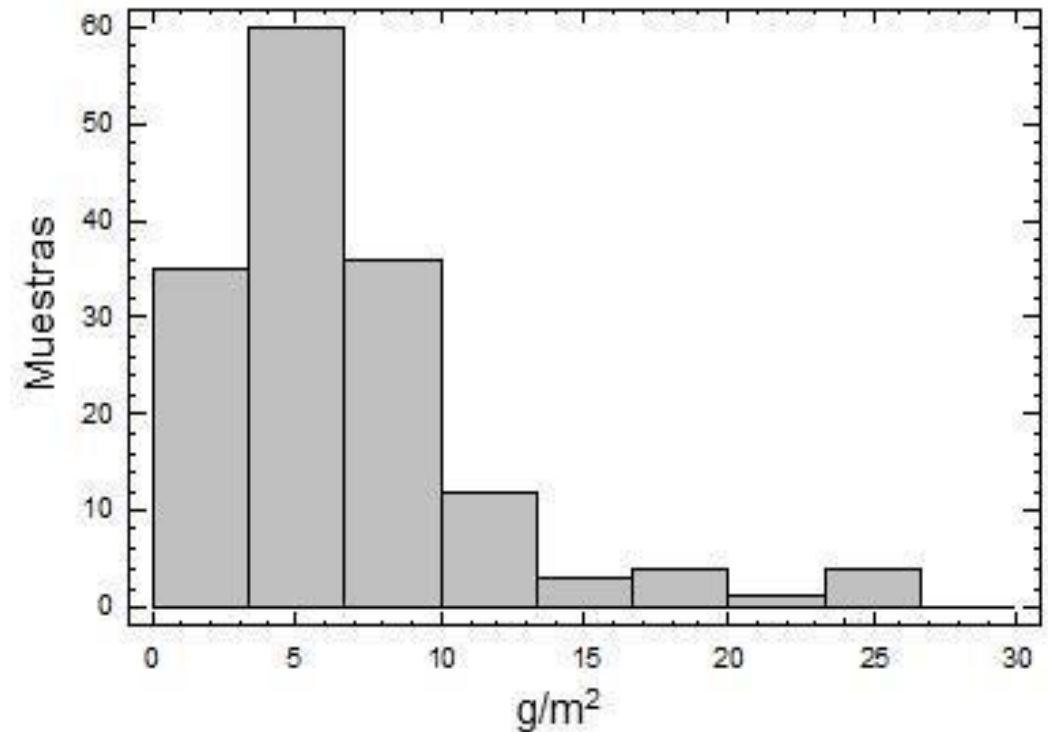


Puntos donde se detectó la presencia de Th, Ac y Ga (Peña-García et al., 2019c).

Resultados (continuación)

Polvo urbano

Descriptivos	Valores (g/m ²)
Promedio	6.79
Desviación estándar	± 4.80
Muestra con menor peso	1.7
Muestra de mayor peso	26.58



Conclusiones

- La diversidad de técnicas empleadas para el análisis de las muestras nos permitió primero observar, después identificar y finalmente corroborar la presencia de elementos metálicos en las muestras.
- La técnica SEM facilitó la observación de forma, tamaño y composición de las partículas. Por medio de XRF se determinó la presencia de 21 elementos, un no metal Br y dos elementos radioactivos Ac y Th.
- Polvo urbano depositado sobre las banquetas nos permitieron identificar las zonas con mayor cantidad de polvo: la zona del Aeropuerto Internacional de Guadalajara “Miguel Hidalgo y Costilla”, el entronque entre la carretera a Chapala entre otros.
- Mediante AA se identificaron las concentraciones de los siete metales analizados, siendo los más abundantes Cu y Pb. Se identificaron patrones de distribución de la contaminación. El Cd, Pb y Zn que se distribuyen muy homogéneamente sobre la avenida Lázaro Cárdenas hasta llegar a la zona del Mercado de abastos.
- En pulmón se identificaron 21 elementos, además de observar la forma y tamaño de las partículas. Dichas imágenes se compararon con algunas otras partículas medioambientales presentadas por autores diversos.
- Se demostró que las partículas ambientales son capaces de pasar las barreras naturales del cuerpo y llegar a sitios muy distantes siendo su tamaño fundamental para que esto suceda: mientras más finas van a viajar más lejos tanto dentro como fuera del organismo.

Referencias

- Bautista, Francisco, José Luis Palacio, Hugo Delfín, Rosaura Pérez, Estela Carmona, and María del Carmen Delgado. 2011. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. http://www.ciga.unam.mx/publicaciones/images/abook_file/tmuestreo.pdf
- Bautista, F., Cejudo-Ruiz, R., Aguilar-Reyes, B., & Gogichaishvili, A. (2014). El potencial del magnetismo en la clasificación de suelos: una revisión. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 66(2), 365-376.
- Cejudo-Ruiz, Lirio, J. M., Chaparro, M. A. E., Gogorza, C. S., Yermolin, E., Silva, A., & Cuchí Oterino, J. A. (2007). Características sedimentológicas y magnéticas de un depósito cenozoico en una terraza en Cabo Lamb, Isla Vega, Península Antártica. In *Actas del VI Simposio Argentino y (Vol. 3, p. 4)*.
- Cejudo, Rubén, Francisco Bautista, and Carmen Delgado. 2013. "Propiedades magnéticas de polvo urbano adsorbido en hojas de Ficus Benjamina y su relación con los metales pesados." *Geofisica.Unam.Mx* 3: OB4, 1-6. <http://www.geofisica.unam.mx/LatinmagLetters/LL13-03-SP/B/OB04.pdf>
- Cejudo-Ruiz, Rubén, Francisco Bautista, Patricia Quintana, María del Carmen Delgado-Carranza, Daniel Aguilar, Avto Goguitchaichvili, and Juan Julio Morales-Contreras. 2015. "Correlación entre elementos potencialmente tóxicos y propiedades magnéticas en suelos de la Ciudad de México para la identificación de sitios contaminados: Definición de umbrales magnéticos." *Revista mexicana de Ciencias Geológicas* 32 (1): 50-61.
- Cejudo R., Goguitchaichvili A., Bautista F., Delgado C., Quintana P., Aguilar D., Ramos S., Morales J., Soler A., Cossio_Pérez C., Hernández A., López-Loera H., Caracterización magnética de polvo urbano y plantas de la Zona Metropolitana del Valle de México. *Latinmag Letters*, 5, (2015), 1-16.
- Conny, Joseph M., Sean M. Collins, and Andrew A. Herzing. 2014. "Qualitative Multiplatform Microanalysis of Individual Heterogeneous Atmospheric Particles from High-Volume Air Samples." *Analytical Chemistry* 86 (19): 9709-16. <https://doi.org/10.1021/ac5022612>
- Conny, Joseph M., and Gary A. Norris. 2011. "Scanning Electron Microanalysis and Analytical Challenges of Mapping Elements in Urban Atmospheric Particles." *Environmental Science and Technology* 45 (17): 7380-86. <https://doi.org/10.1021/es2009049>
- Green, Joanne, and Sergio Sánchez. 2012. "La calidad del aire en América Latina: Una visión panorámica," 36. <http://www.cleanairinstitute.org/calidaddelaireamericalatina/cai-report-spanish.pdf>
- Jia, Jasmine, Sindu Muralikrishnan, Cheng-teng Ng, Lin-Yue Lanry Yung, Boon-Huat Bay, Jasmine Jia'en Li, Sindu Muralikrishnan, Cheng-teng Ng, Lin-Yue Lanry Yung, and Boon-Huat Bay. 2010. "Minireview Nanoparticle-Induced Pulmonary Toxicity." *Experimental Biology and Medicine* 235 (1535-3702): 1025-33. <https://doi.org/10.1258/ebm.2010.010021>
- Maciel Flores, Roberto. 1981. "Geological Mapping in Geothermal Exploration with Special Reference to Tephrochronology and Paleomagnetic Techniques." Iceland. <http://www.os.is/gogn/unu-gtp-report/UNU-GTP-1981-04.pdf>
- Maciel Flores, Roberto, and José Rosas Elguera. 1992. "Modelo geológico y evaluación del campo geotérmico La Primavera, Jal., México." *Geofísica Internacional* 31 (4): 359-70. <http://biblat.unam.mx/es/revista/geofisica-internacional/43>
- Marguá, E., Queralt, I., & Hidalgo, M. (2009). Application of X-ray fluorescence spectrometry to determination and quantitation of metals in vegetal material. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 28(3), 362-372.
- Miguel, Eduardo De, Juan Llamas, Enrique Chacón, C Fernández, Almudena Ordóñez, A Callaba, s Larssen, and Susan Charlesworth. 2002. "Elementos traza en ambientes urbanos." *Boletín Geológico y Minero* 113 (1): 35-43. http://www.igme.es/Boletin/2002/113_1_2002/6-ARTICULO CARACTERIZACION1.pdf
- Muñoz, David, Bertha Aguilar, Raul Fuentealba, and Margarita Préndez. 2017. "Environmental Studies in Two Communes of Santiago de Chile by the Analysis of Magnetic Properties of Particulate Matter Deposited on Leaves of Roadside Trees." *Atmospheric Environment* 152 (March): 617-27. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.12.047>
- Oberdorster, Günter, Juraj Ferin, Robert Gelein, Sidney C Soderholm, and Jacob Finkelstein. 1992. "Role of the Alveolar Macrophage in Lung Injury: Studies with Ultrafine Particles." *Environmental Health Perspectives* 97: 193-99. <https://doi.org/10.1289/ehp.9297193>

Referencias

- Peña, L., Bautista, F., Cejudo, R., Goguichaisvili, A., Morales, J., Rosas, J., & Maciel, R. (2016). Distribución espacial de susceptibilidad magnética específica a lo largo de la zona metropolitana de la ciudad de Guadalajara. 6, 1-7. México, D. F., México. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/306106997_DISTRIBUCION_ESPACIAL_DE_SUSCEPTIBILIDAD_MAGNETICA_ESPECIFICA_A_LO_LARGO_DE_LA_ZONA_METROPOLITANA_DE_LA_CIUDAD_DE_GUADALAJARA
- Peña-García, L., Maciel-Flores, R., Rosas-Elguera, J., & Rentería-Tapia, V. (2016). Distribución de polvo urbano en la zona metropolitana de Guadalajara, México. *Revista de Investigación y Desarrollo*, 2(4), 16-23. Obtenido de <https://docplayer.es/80353868-Distribucion-de-polvo-urbano-en-la-zona-metropolitana-de-guadalajara-mexico.html>
- Peña-García, L. E.-F., & Rosas-Elguera, J. (2017). Presencia de metales pesados en hojas de Ficus benjamina en la zona metropolitana de Guadalajara, México. *Revista de Operaciones Tecnológicas*, 1(2), 27-32. Obtenido de http://www.ecorfan.org/taiwan/research_journals/Operaciones_Tecnologicas/vol1num2/Revista_de_Operaciones_Tecnologicas_V1_N2_5.pdf
- Peña-García, L., Rentería, V., Maciel-Flores, R., Robles-Murguía, C., & Rosas-Elguera, J. (2018). Characterization of ambient air dust particulates deposited on Ficus leaves in the Metropolitan Area of Guadalajara, México. *ECORFAN Journal Republic of Guatemala*, 4(7), 32-41. Obtenido de http://www.ecorfan.org/republicofguatemala/journal/vol4num7/ECORFAN_Journal_Republic_of_Guatemala_V4_N7_3.pdf
- Peña-García, L. E.-F., Robles-Murguía, C., & Rosas-Elguera, J. (2019a). Partículas ambientales en bronquio y tejido pulmonar humano. *Revista de Ciencias de la Salud*, 6(18), 10-17. Obtenido de https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias_de_la_Salud/vol6num18/Revista_Ciencias_de_la_Salud_V6_N18_2.pdf
- Peña-García, L. M.-F., Rosas-Elguera, J., & Robles-Murguía, C. (2019b). Heavy metals present in Ficus benjamina leaves in the metropolitan area of Guadalajara, Mexico. *ECORFAN Journal Republic of Guatemala*, 5(9), 1-12. Obtenido de http://www.ecorfan.org/republicofguatemala/journal/vol5num9/ECORFAN_Journal_Republic_of_Guatemala_V5_N9_1.pdf
- Peña García, L., & Rentería, V. (Octubre de 2019c). Partículas ultrafinas ambientales en el área metropolitana de Guadalajara, México. Tesis para obtener el título de doctor en Ciencias Físico matemáticas. Ameca, Jalisco, México: Universidad de Guadalajara. Obtenido de http://www.docfm.cuvalles.udg.mx/sites/default/files/user/mtau37/22laura_elizabeth_pena_garcia_tesis_compressed_1.pdf
- Perez Fadul, L. F., & Hernández Hernández, L. (2006). Determinación de metales pesados en partículas respirables e identificación de fuentes de emisión, a partir de un muestreo atmosférico en la localidad de Puente Aranda en la ciudad. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria_/673
- Querol, Xavier. 2008. "Calidad del aire, partículas en suspensión y metales." *Revista Española de Salud Pública* 82 (5): 447–53. <https://doi.org/10.1590/S1135-57272008000500001>
- Ram, S, S Majumder, P Chaudhuri, and S Canda. 2014. "Plant Canopies : Bio-Monitor and Trap for Re-Suspended Dust Particulates Contaminated with Heavy Metals." *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 19 (5): 499–508. <https://doi.org/10.1007/s11027-012-9445-8>
- Sánchez-Duque, A., Bautista, F., Goguitchaichvili, A., Cejudo-Ruiz, R., Reyes-López, J. A., Solís-Domínguez, F. A., & Morales-Contreras, J. J. (2015). Evaluación de la contaminación ambiental a partir del aumento magnético en polvos urbanos. Caso de estudio en la ciudad de Mexicali, México. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 32(3), 501-513.
- Sangi, M. R., Shahmoradi, A., Zolgharnein, J., Azimi, G. H., & Ghorbandoost, M. (2008). Removal and recovery of heavy metals from aqueous solution using *Ulmus carpinifolia* and *Fraxinus excelsior* tree leaves. *Journal of hazardous materials*, 155(3), 513-522.
- Sawidis, T., Marnasidis, A., Zachariadis, G., & Stratis, J. (1995). A study of air pollution with heavy metals in Thessaloniki city (Greece) using trees as biological indicators. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 28(1), 118-124.
- Tam, N. F. Y., Wong, Y. S., & Wong, M. H. (1988). Heavy metal contamination by Al-fabrication plants in Hong Kong. *Environment international*, 14(6), 485-494.
- Tomašević, M., Z. Vukmirović, S. Rajšić, M. Tasić, and B. Stevanović. 2005. "Characterization of Trace Metal Particles Deposited on Some Deciduous Tree Leaves in an Urban Area." *Chemosphere* 61 (6): 753–60. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2005.03.077>



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BECORFAN is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)