

# IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE Y DEL ARRASTRE DE CONTAMINANTES DESDE ZONAS METROPOLITANAS INDUSTRIALIZADAS HACIA LOS BOSQUES CIRCUNDANTES EN MÉXICO

Darithsa Loya-González<sup>1</sup> e Israel Cantú Silva <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, Nuevo León, México.

\*Autor por correspondencia; correo-e: icantu59@gmail.com

## Introducción

Los ecosistemas forestales (EF) son de gran importancia para la conservación de la biodiversidad y el equilibrio ambiental, poseen relevancia económica, otorgan servicios ambientales y belleza paisajística <sup>(1)</sup>. Al alterar los valores del ecosistema se ocasiona un problema ambiental <sup>(2)</sup>. La contaminación del aire se reconoció como un problema ambiental relevante para la salud de los EF desde el último tercio del siglo XX, debido al decaimiento de masas forestales en el hemisferio norte <sup>(3)</sup>. Esto promovió que se firmara el primer convenio (1979) sobre Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Gran Distancia (CLRTAP) y el primer tratado multilateral para proteger el medio ambiente contra la amenaza creciente de la contaminación del aire <sup>(4)</sup>. A pesar de esta reconocida problemática, en México no existen acuerdos, tratados o reglamentos enfocados específicamente a la protección local de los ecosistemas forestales ante los daños de la contaminación del aire. Por lo cual, este trabajo se centro en analizar las tendencias de los contaminantes y sus posibles daños potenciales sobre tres áreas forestales relevantes que circundan a grandes metrópolis en México.

## Materiales y métodos

- Se seleccionaron las áreas con mayor cantidad de población e industrialización en México:
  - Zona metropolitana del Valle de México (ZMVM),
  - Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), y
  - Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM).
- Se recopiló la información disponible de los últimos 5 años respecto a las emisiones de NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> dentro de estas tres zonas metropolitanas.
- Se evaluó si existían diferencias significativas entre zonas y años para cada contaminante (análisis de varianza de Friedman  $\alpha = 95\%$ ).
- Finalmente para tratar de identificar la posibilidad de arrastre de contaminantes desde las metrópolis hacia los EF, se seleccionaron tres áreas naturales protegidas (ANP) circundantes a la zona, que coinciden con ecosistemas forestales:
  - Parque Nacional Desierto de los Leones,
  - Área de Protección de Flora y Fauna Bosque de la Primavera, y
  - Parque Nacional Cumbres de Monterrey

En los cuales utilizando el Modelo Híbrido de Trayectoria Integrada Lagrangiana de Partícula Única (HYSPLIT), se estudiaron las trayectorias de los vientos en retroceso hacia las ANP, a 500 y 1500 metros sobre el nivel del suelo (AGL), al inicio y mitad de cada mes, durante el año 2018.

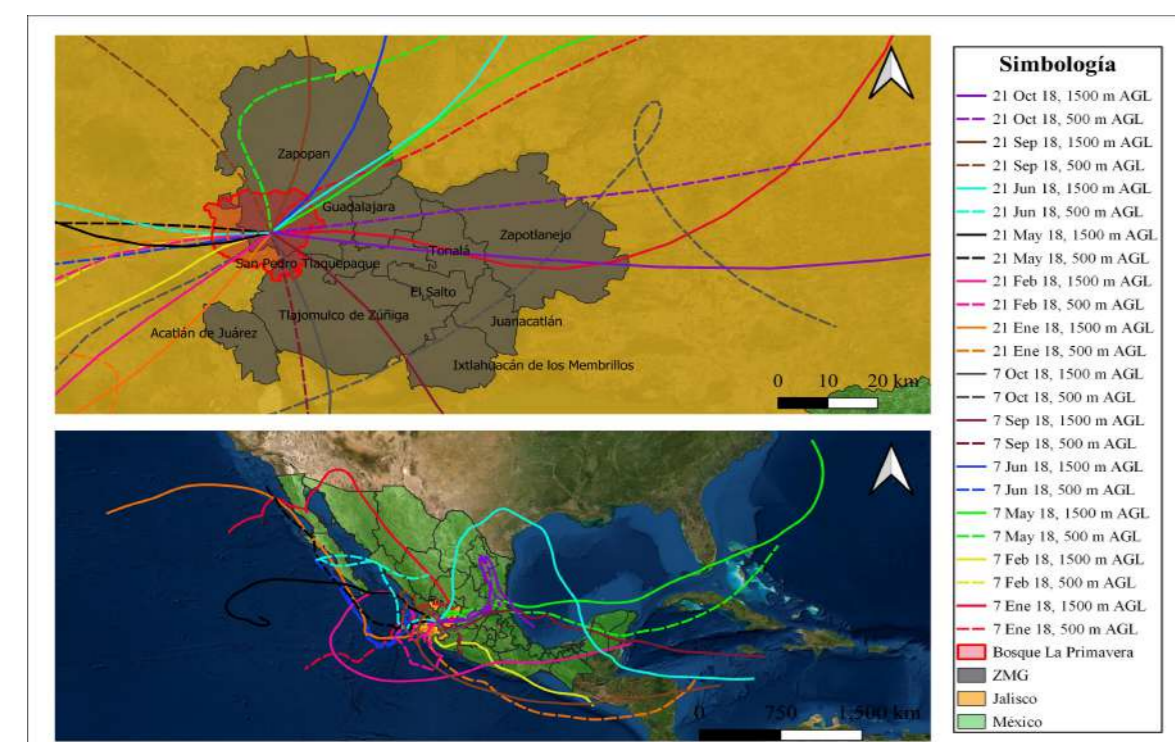


Figura 2. Procedencia de las masas de aire que arribaron al Bosque de la Primavera en 2018.

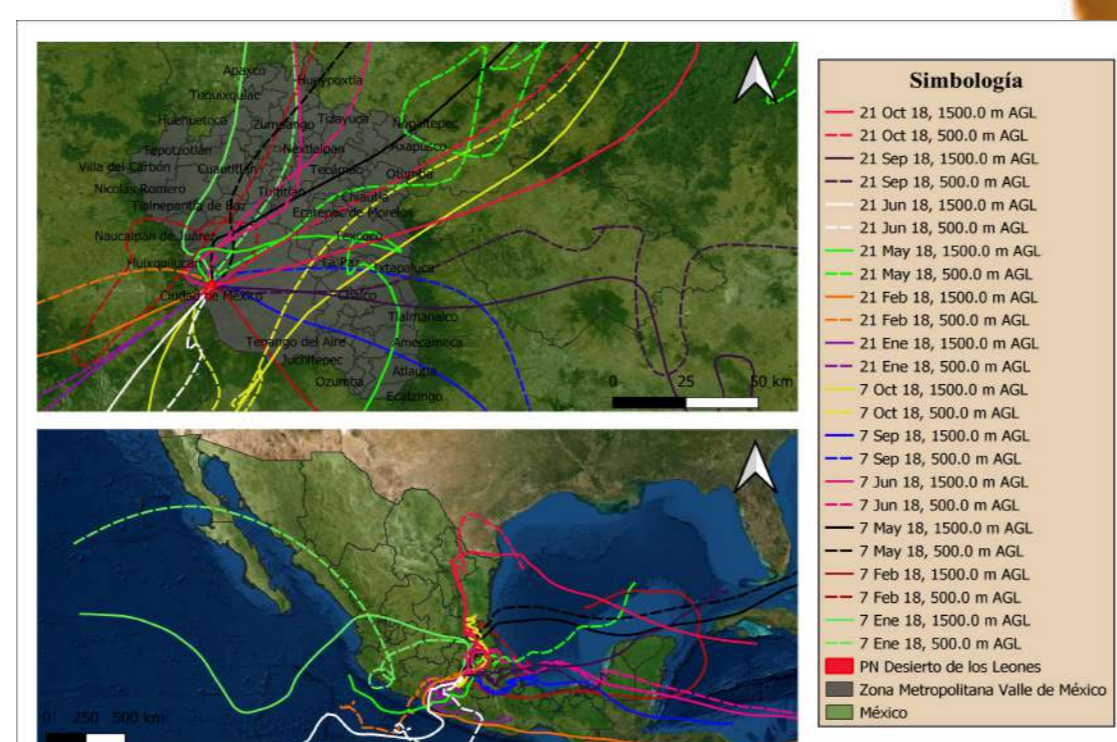


Figura 3. Procedencia de las masas de aire que arribaron al Desierto de los Leones en 2018.

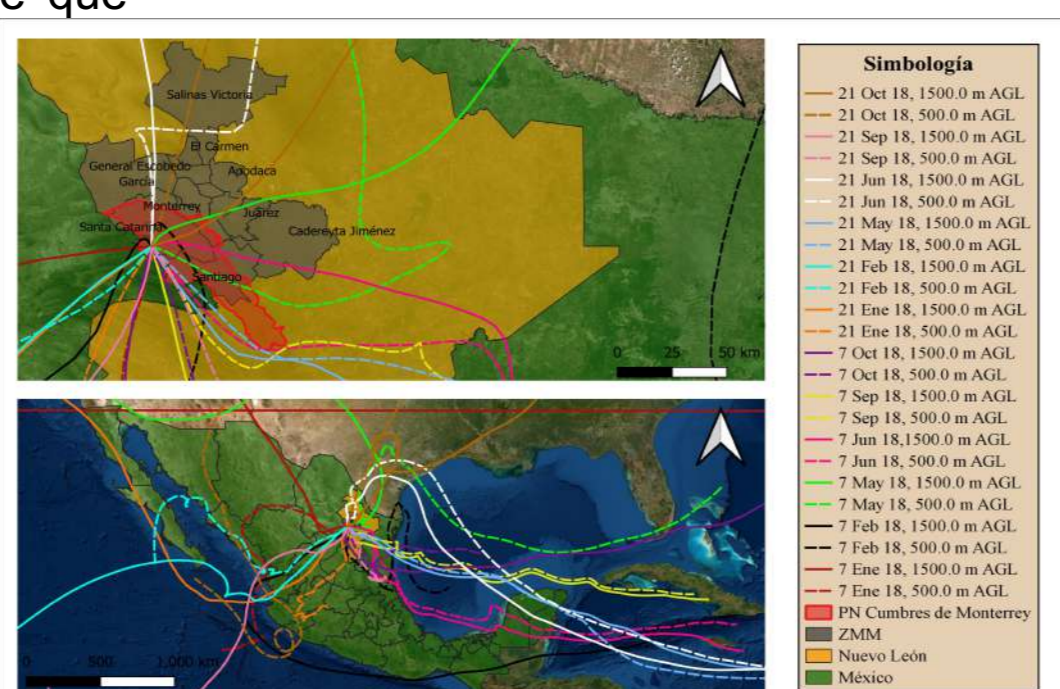


Figura 4. Procedencia de las masas de aire que arribaron al Parque Cumbres en 2018.

## Resultados y discusión

- La concentración promedio anual de NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> y SO<sub>2</sub> es significativamente distinta entre zonas y años analizados ( $p < 0.05$ ).
- Los valores más altos para los tres contaminantes se presentan en la ZMVM.
- Para las tres metrópolis la concentración más alta de NO<sub>x</sub> se da durante 2018, el O<sub>3</sub> fue mayor en 2017 y el SO<sub>2</sub> durante 2019.
- Cuando se compara la concentración promedio anual respecto a valores críticos europeos, solamente los NO<sub>x</sub> rebasan dichos valores durante todos los años en la ZMG y ZMVM, y durante 2017 y 2018 en ZMM.

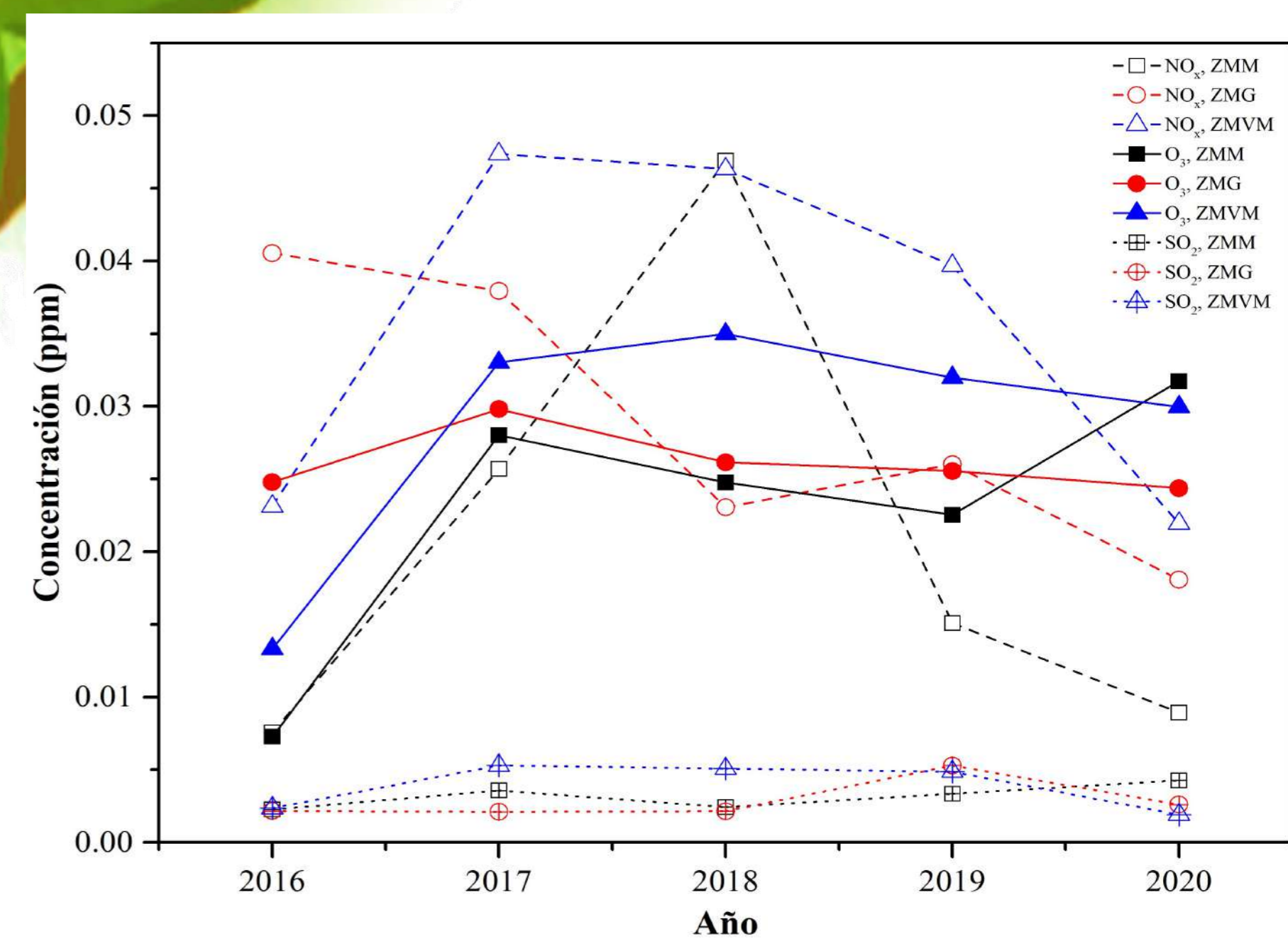


Figura 1. Concentración promedio anual de NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> y SO<sub>2</sub> para la ZMM, la ZMG y la ZMVM del 2016 al 2020.

## Conclusiones

- Las concentraciones de NO<sub>x</sub> y O<sub>3</sub> en las tres metrópolis analizadas presentan concentraciones más altas que el SO<sub>2</sub>.
- Los NO<sub>x</sub> fueron los que mostraron valores por encima del valor crítico establecido por la CLRTAP para la protección de la vegetación (30  $\mu\text{m}^3$  anuales) y de los EF en la ZMG y ZMVM durante todos los años.
- Las trayectorias de las masas de aire mostraron que se puede arrastrar con mayor frecuencia contaminantes desde la ZMG y la ZMVM hacia los EF seleccionados, a diferencia del caso de la ZMM, esto puede deberse a la orografía de la región.

## Referencias

- (1) De Vries, Wim, Posch, Maximilian, Simpson, David y Reinds, Gert Jan, (2017). "Modelling Long-Term Impacts of Changes in Climate, Nitrogen Deposition and Ozone Exposure on Carbon Sequestration of European Forest Ecosystems." *Science of the Total Environment* 605–606:1097–1116. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.132>
- (2) Singh, Ram Lakhan (2017). "Principles and Applications of Environmental Biotechnology for a Sustainable Future". Springer S. edited by R. L. Singh. Springer Singapore. DOI 10.1007/978-981-10-1866-4
- (3) Pardos, J. A. (2006). "La Contaminación Atmosférica y Los Ecosistemas Forestales." *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* fuera de s:55–70. Recuperado de [http://www.inia.es/gcontrec/pub/055-070-\(07\)-S\\_contaminacio\\_1169111632453.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/055-070-(07)-S_contaminacio_1169111632453.pdf)
- (4) Heinz-Detlef, Gregor (2007). "Workshop on Interaction between Air-Quality Monitoring and Air Protection Strategies in Countries of Eastern Europe, Caucasus and Central Asia. Berlin, Germany" Recuperado de <https://unece.org/fileadmin/DAM/env/europe/monitoring/8thMeeting/AirMonitoringStrategy.En.pdf>