22nd ECORFAN® International Conference - Science, Technology and Innovation

Booklets

RENIECYT 1702902 SECIHTI

RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - Google Scholar DOI - REDIB - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID - V|LEX - EBSCO

Title: Spatial and temporal variation of BTEX in Villahermosa, Tabasco, during the dry and rainy seasons of 2024

Authors: Uc-Chi, Martha Patricia, Cerón-Bretón, Julia Griselda, Cerón-Bretón, Rosa María and Silis-Esquivel, Jhoanna

Universidad Autónoma del Carmen • LFV-4391-2024 • 0000-0002-9480-6034 • 187081
Universidad Autónoma del Carmen • LFV-2975-2024 • 0000-0003-1551-7988 • 122903
Universidad Autónoma del Carmen • LFV-4405-2024 • 0000-0001-8647-022X • 30106
Universidad Autónoma del Carmen • LFV-2975-2024 • 0000-0003-1551-7988 • 122903

Editorial label MARVID: 607-8695
BMARVID Control Number: 2025-01
BMARVID Classification (2025): 121225-0001
RNA: 03-2010-032610115700-14
Pages: 16

SECIHTI classification:
Area: Physics, Mathematics and Earth Sciences
Field: Earth and Space Sciences
Discipline: Atmospheric Sciences
Subdiscipline: Atmospheric Pollution

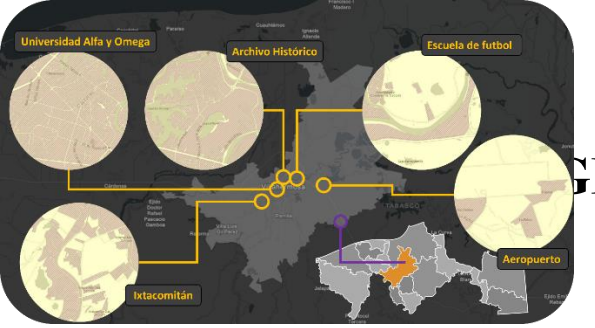
MARVID-México
Park Pedregal Business. 3580, Anillo Perif., San Jerónimo Aculco, Álvaro Obregón, 01900 Ciudad de México, CDMX,
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: MARVID-México S.C.
E-mail: contact@marvid.org
Facebook: MARVID-México S. C.
X: @Marvid_México

www.marvid.org

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

INTRODUCCIÓN

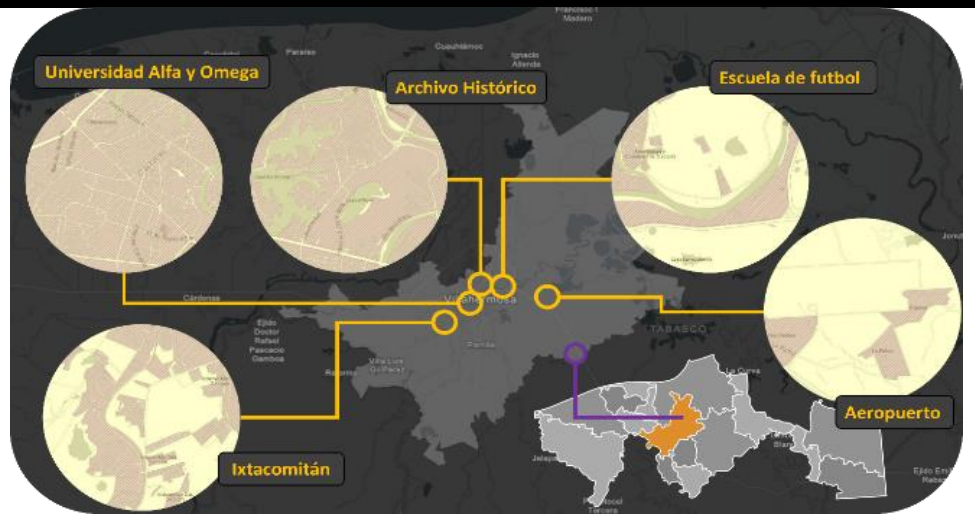
- La **contaminación del aire** se ha incrementado debido al desarrollo industrial, económico y urbano, afectando gravemente la salud y el ambiente. De acuerdo con la **Organización Panamericana de la Salud** (OPS, 2014), el 99 % de la población mundial está expuesta a aire contaminado, lo que provoca al menos **4.2 millones de muertes anuales**. Este problema también implica **altos costos económicos** por sus impactos en salud, productividad y medio ambiente (Briz-Redón et al., 2021). En **México**, los costos asociados a las emisiones atmosféricas ascendieron en **2023 a 809,443.1 millones de pesos**, equivalentes al **2.5 % del PIB** (INEGI, 2024).
- Entre los contaminantes más relevantes destacan los **compuestos orgánicos volátiles (COV)**, gases que actúan como **precursores del ozono troposférico** y algunos con efectos **tóxicos o cancerígenos**. Dentro de ellos, los **BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos)** son los más comunes en áreas urbanas, y sus efectos sobre la salud dependen del nivel y tiempo de exposición (David & Niculescu, 2021; Khoshakhlagh et al., 2024). En México, los BTEX **no cuentan con regulación ambiental específica**, por lo que su monitoreo es esencial para generar **futuras normas de calidad del aire**.



GÍA

El **estado de Tabasco**, ubicado en el **sureste de México** entre los **17°15’ y 18°39’ N** y **91°00’ y 94°07’ O**, limita al norte con el **Golfo de México** y **Campeche** (INEGI, 2023). Su **Área Metropolitana de Villahermosa**, conformada por los municipios de **Centro y Nacajuca**, cuenta con una extensión de **2,100 km²** y una población de aproximadamente **833,907 habitantes**. Las principales actividades económicas de la región son la **minería petrolera, el comercio, la construcción y los servicios**, que en conjunto representan el **73 % del PIB estatal** (**Secretaría de Economía, 2016**). La zona de estudio comprende 5 sitios urbanos de la ciudad de Villahermosa.

Box



Sitios de muestreo	Ubicación Decimales
Escuela de fútbol	18.009417 -92.884369
Aeropuerto	17.991343 -92.810161
Universidad Alfa y Omega	17.982355 -92.936388
Ixtacomitán	17.950027 -92.979439
Archivo Histórico	18.012840 -92.918699

Figura 1

Ubicación y coordenadas de los sitios de muestreo

Fuente: [elaboración propia]

Muestreo pasivo de BTEX

- **Muestreo de BTEX** se realizó mediante **captadores pasivos Radiello®** de **Sigma Aldrich®**, diseñados por la **Fundación Salvatore Maugeri** en Italia, conforme a la **Norma Europea EN 13528-2** (UNE, 2003).
- Estos muestreadores consisten en un **cartucho de acero inoxidable** con **300 mg de carbón activado**, cubierto por una **membrana microporosa de polietileno** que permite la difusión radial de los contaminantes. Su diseño facilita la **recolección pasiva de compuestos orgánicos volátiles** sin necesidad de energía externa, garantizando alta eficiencia y precisión en la medición (Ceron-Bretón et al., 2020; Pennequin-Cardinal et al., 2005). Se colectaron un total de 80 muestras durante los periodos de secas (T1) y lluvias (T2) del 2024.

Box

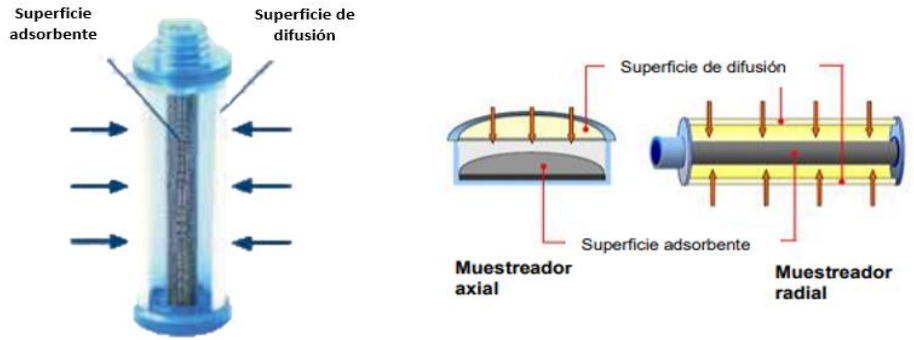


Figura 2

a) Modelo de Radiello. b) diseño axial y radial de los muestreadores pasivos *Fuente: [(sigma-aldrich.com)]*

Análisis cromatográfico

- Los **analitos recuperados** de los cartuchos **Radiello®** fueron **desorbidos químicamente** con **2 mL de disulfuro de carbono (CS_2)** y sometidos a un **baño ultrasónico de 10 minutos a 10 °C** (**Ceron-Bretón et al., 2020**). El análisis se realizó siguiendo el **método MTA/MA030/A92** del **Instituto Nacional de Seguridad e Higiene de España**. Las muestras fueron analizadas en un **cromatógrafo de gases TRACE GC Ultra** con **detector de ionización de flama (FID)**, utilizando **gases de alta pureza** y una **columna capilar TR-5** (30 m × 0.25 mm ID, película de 0.25 μm), en el **Laboratorio de Investigación de Cromatografía de Gases de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma del Carmen**.

Análisis de parámetros meteorológicos

- **S**e realizó mediante **rosas de viento** generadas con el software **Windrose de la NOAA**, con el fin de identificar la **dirección e influencia de los vientos predominantes** y su relación con las concentraciones de BTEX. Además, se empleó el modelo **HYSPLIT** de la **NOAA** para obtener **trayectorias regresivas de masas de aire**, lo que permitió evaluar el **transporte y dispersión de contaminantes** desde distintas fuentes.

Análisis estadístico

- **S**e utilizó el software **XLSTAT 2019** con la **prueba no paramétrica de Friedman ($\alpha = 0.05$)** para determinar diferencias significativas entre temporadas y sitios. También se aplicó el **Análisis de Componentes Principales (ACP)** para explicar la varianza y reconocer **fuentes primarias o secundarias** de los compuestos. Los resultados descriptivos se representaron con **diagramas de caja**, facilitando la identificación de contaminantes con mayores concentraciones promedio y posibles **patrones estacionales o espaciales**.

Evaluación del riesgo a la salud

- Se consideró el reconocido **potencial carcinogénico del benceno (Vega-Campa et al., 2023).** De acuerdo con la **Unión Europea**, el límite anual aceptable es **5 µg/m³**, mientras que la USEPA (2012) establece **4.0 ppbv**. En este estudio, se aplicó la metodología de Zhang et al. (2015) para estimar la **exposición diaria (E)**, el **riesgo de cáncer a lo largo de la vida (ILTCR)** y el **riesgo no carcinogénico (HQ)**.

Evaluación del riesgo carcinogénico de benceno

- La exposición diaria de un individuo por inhalación puede ser calculada como:

$$E = \frac{C \times IRa \times Da}{BW} \qquad [1]$$

Donde:
E = es la exposición diaria por inhalación en mg/kg por día.
C = es la concentración promedio de benceno en mg/m3.
IRa = es la tasa de inhalación de un adulto (0.83 m3 h-1) (US EPA, 1998).
Da = es la duración de la exposición de un adulto (24 hr/día).
BW = es el peso del cuerpo de un adulto promedio (65 kg).
El riesgo de cáncer en el tiempo de vida (The lifetime cancer risk: LTCR) es calculado como:

$$LTCR = E \times SF \qquad [2]$$

Donde:
LTCR = es el riesgo de cáncer en el tiempo de vida.
SF = es el factor de la pendiente de riesgo (2.98 E-02 kg día/mg).

Evaluación del riesgo a la salud

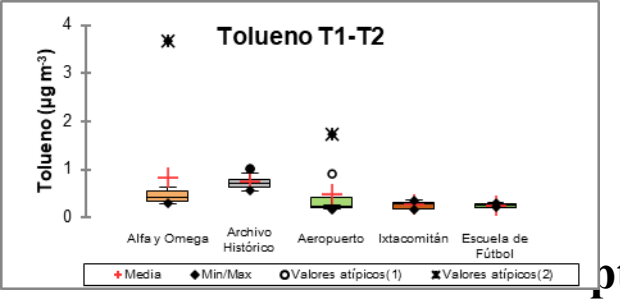
- Los valores determinados se compararán con los valores límite permisibles establecidos por la US EPA y la OMS. El riesgo no cancerígeno de benceno será medido como un cociente de riesgo (HQ), se calcula como:

$$HQ = C/RfC \qquad [3]$$

- Donde:

C = es la concentración recibida diariamente (μ/m^{-3})

RfC = es la concentración de referencia de inhalación propuestas por la US EPA para benceno (0.03 $\mu g\ m^{-3}$), tolueno (5 $\mu\ m^{-3}$), etilbenceno (1 $\mu\ m^{-3}$) y xileno (0.1 $\mu\ m^{-3}$) (US EPA, 2002).



ptiva de los BTEX

- Durante las temporadas T1 y T2 el benceno mostró las concentraciones medias más altas en el Sitio Archivo Histórico con **0.5188 µg m^{-3}, un máximo de 0.7658 µg m^{-3}** y un mínimo de **0.2703 µg m^{-3}.** El sitio Escuela de fútbol fue el que presentó las menores concentraciones con una media **de 0.1292 µg m^{-3}** y un máximo y mínimo de **0.2864 y 0.0510 µg m^{-3}** respectivamente (figura 3).

- Para el tolueno el sitio que tuvo las concentraciones más altas en ambas temporadas fue Alfa y Omega con una media de **0.8307 µg m^{-3}** con valores máximos y mínimos de **3.6581 y 0.2978 µg m^{-3}** respectivamente. Siendo el sitio Escuela de futbol el que presentó las concentraciones más bajas con una media de **0.2562 µg m^{-3}** muy similar al sitio Ixtacomitán con una media de **0.2651 µg m^{-3}**

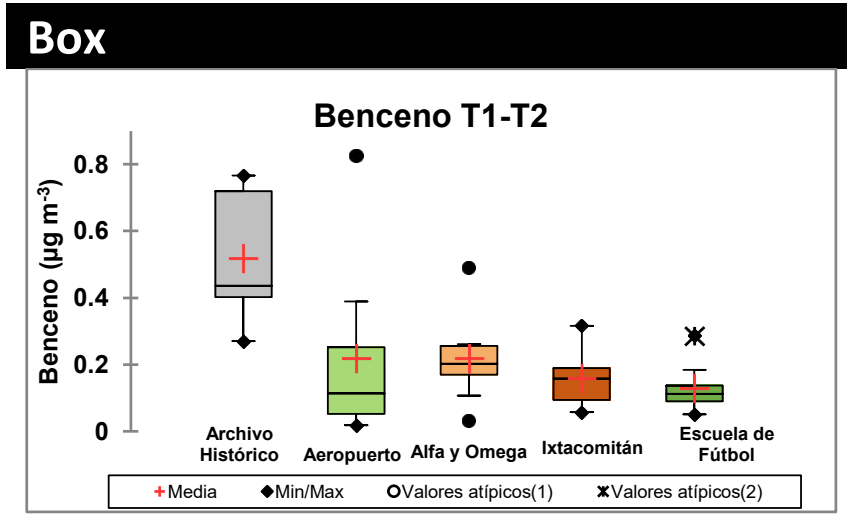


Figura 3

Estadística descriptiva de Benceno temporadas T1-T2.
Fuente: [elaboración propia]

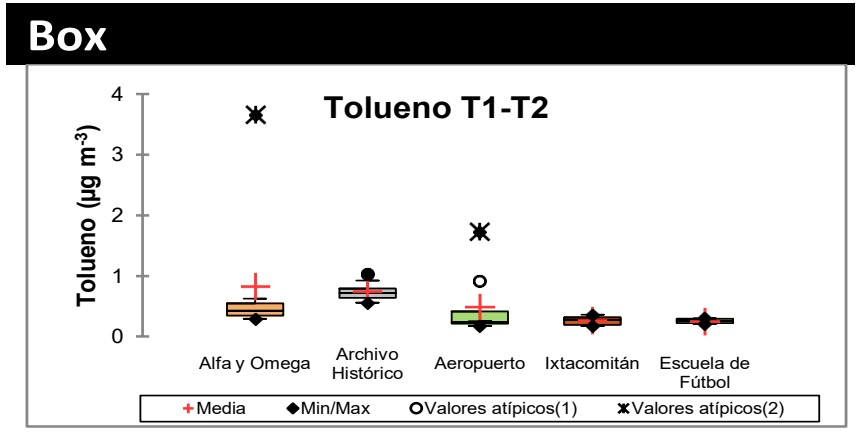
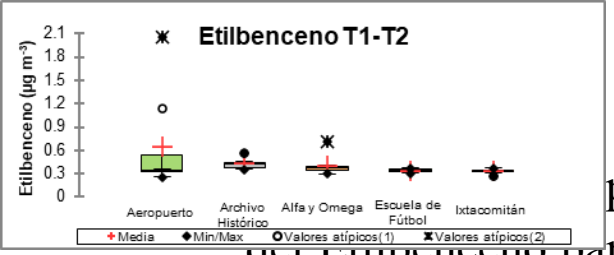


Figura 4

Estadística descriptiva de Tolueno temporadas T1-T2.
Fuente: [elaboración propia]



presenta la estadística descriptiva del Etilbenceno para ambas temporadas T1 y T2. Se observa que, el Aeropuerto presentó las concentraciones más altas con una media de **0.6411 µg m^{-3}** y un valor mínimo de **0.2551 µg m^{-3}** y máximo de **2.0606 µg m^{-3}.**

- El xileno también presentó sus mayores concentraciones en el sitio Aeropuerto con una media de **0.6254 µg m^{-3}** y un mínimo y máximo de **0.2298** y **2.1153 µg m^{-3}** respectivamente.

Box

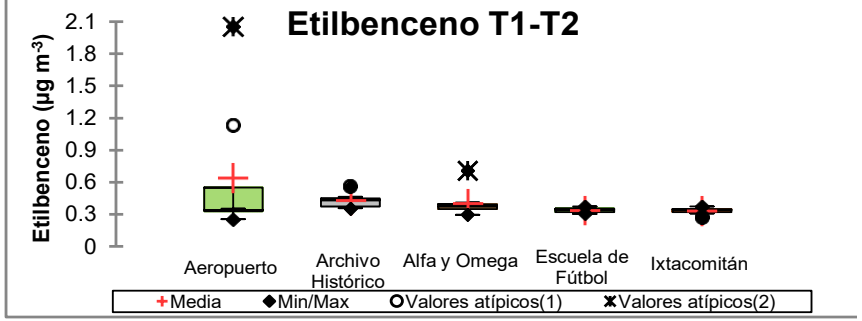


Figura 5

Estadística descriptiva de Etilbenceno temporadas T1-T2.

Fuente: [elaboración propia]

Box

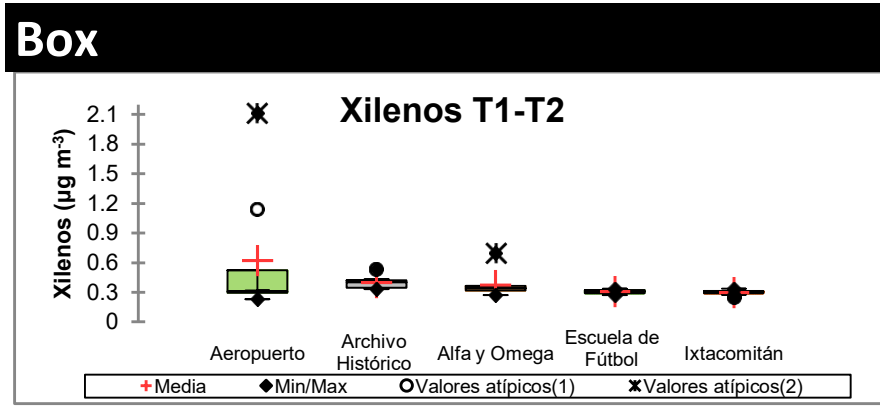


Figura 6

Estadística descriptiva de Xileno temporadas T1-T2.

Fuente: [elaboración propia]

Análisis Bivariado y Análisis de Componentes Principales

- Se construyeron las matrices de correlación de Spearman como técnica de análisis bivariado para identificar las relaciones entre los diferentes BTEX medidos, así como también el análisis de componentes principales (ACP) para identificar grupos de variables (Tabla 1).
- El análisis de correlación reveló relaciones positivas y significativas entre los compuestos BTEX en la mayoría de los sitios. Fuentes comunes de emisión (tráfico vehicular y combustión de combustibles fósiles)
- En la Escuela de Fútbol y el Aeropuerto, las correlaciones fueron entre benceno-tolueno (r = 0.786) y etilbenceno-xilenos (r = 0.976), vinculadas a fuentes móviles (vehículos y aeronaves) (Mugica-Álvarez et al., 2020).
- En Alfa y Omega y el Archivo Histórico, las correlaciones altas y uniformes reflejaron una única fuente dominante, el tráfico urbano intenso. Ixtacomitán mostró una diferenciación del benceno respecto a los demás compuestos, lo que sugiere fuentes adicionales como la combustión doméstica o quema de residuos. Este patrón diferencial del benceno concuerda con su mayor estabilidad química y su capacidad para permanecer más tiempo en la atmósfera (ATSDR, 2019).
- el Análisis de Componentes Principales (ACP) permitió identificar los patrones de variación y las fuentes dominantes de los compuestos BTEX en los cinco sitios. En general, se distinguieron dos grupos principales: uno asociado al tráfico vehicular y otro a emisiones difusas o industriales.

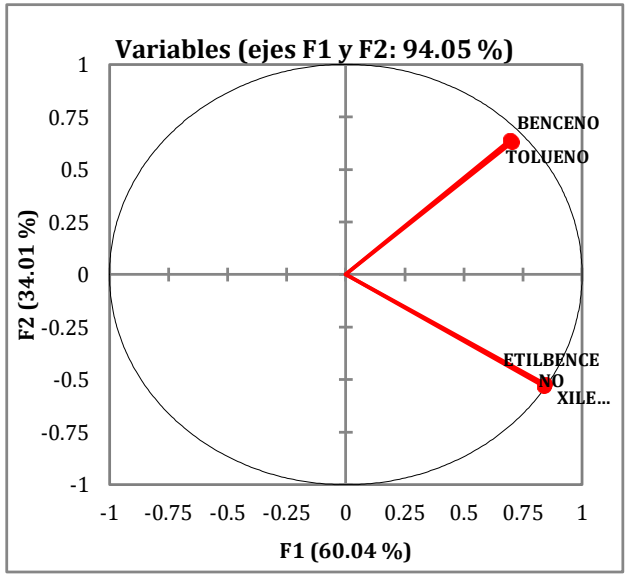
Box

Tabla 1

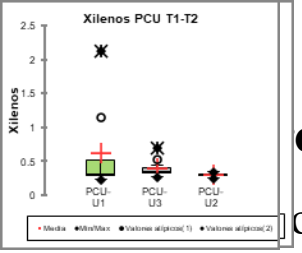
Matriz de correlación de Spearman y ACP para las concentraciones de BTEX para todos los sitios medidos temporada Secas y LLuvias

Variables Escuela de Fútbol	BENCENO	TOLUENO	ETILBENCENO	XILENO
BENCENO	**1**	**0.786**	0.262	0.238
TOLUENO	**0.786**	**1**	0.238	0.286
ETILBENCENO	0.262	0.238	**1**	**0.976**
XILENO	0.238	0.286	**0.976**	**1**

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0.05



Fuente [Elaboración propia]



os de Contención Urbana

onocer la parte de la población expuesta a estos contaminantes tóxicos en cada uno de los sitios, se realizó una clasificación General de los Perímetros de Contención Urbana (PCU) como U1: Áreas con mayor concentración de empleos y actividades económicas. U2: Zonas con servicios básicos como agua y drenaje, donde se promueve el desarrollo habitacional cercano al perímetro U1 y finalmente U3: Áreas de expansión urbana contiguas a las zonas consolidadas (U1 y U2), delimitadas según el tamaño poblacional de la ciudad (SEDATU, 2018).

- Los puntos a destacar son que, el Sitio Escuela de Futbol se clasificó como (U3) al estar ubicada en el área conurbada con alta afluencia de personas y presencia de actividades agrícolas y ganaderas. El acceso principal es mediante transporte motorizado, lo que incrementa el potencial de emisiones vehiculares.
- El sitio Aeropuerto clasificado como (U2) situado fuera de la mancha urbana, pero con gran impacto urbano por el alto número de usuarios diarios y tiene cercanía con colonias habitacionales y el parque turístico Yumka. Es una zona con alta movilidad y flujo constante de transporte.

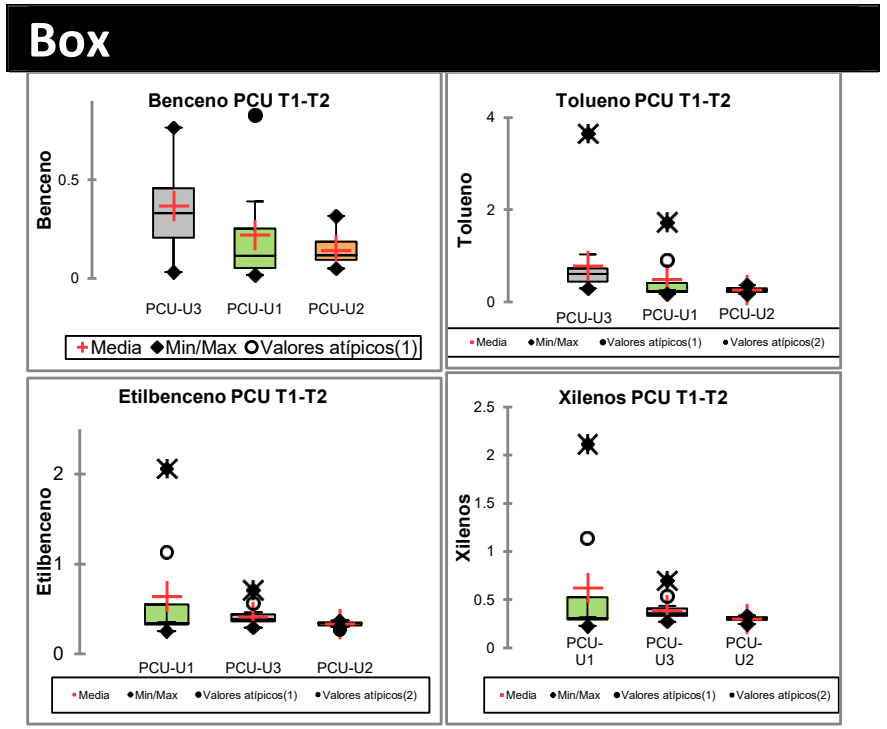


Figura 7

Perímetros de Contención Urbana (PCU) BTEX para las temporadas T1 y T2.

Fuente: [elaboración propia]

- El sitio Alfa y Omega (U1) es un área plenamente urbana y consolidada con alta concentración de servicios y comercios: centros comerciales, gasolineras y parques. Es una zona de intensa actividad económica y social, con gran afluencia vehicular y peatonal.

- El sitio Ixtacomitán (U3) se ubica en la periferia suroeste de la ciudad y en el predominan zonas residenciales con poca actividad comercial pero cercana a una vía de transporte muy transitada, lo que la convierte en un punto potencial de captación de emisiones. Y finalmente el sitio Archivo Histórico (U2) se ubica muy cerca al centro de la ciudad, con gran diversidad de servicios y actividades urbanas y frente a una de las vialidades más transitadas, lo que contribuye a la exposición a contaminantes.

- En conjunto, los cinco sitios muestran una gradiente urbana que va desde áreas consolidadas (U1) hasta zonas periféricas (U3), permitiendo comparar las concentraciones de BTEX según el grado de urbanización y actividad humana (Figura 7).

- Los resultados obtenidos evidencian una clara variabilidad espacial y temporal en las concentraciones de BTEX dentro de los Perímetros de Contención Urbana (PCU-U1, U2 y U3). Durante la temporada de secas (T1), se observaron concentraciones más elevadas de BTEX, especialmente en el PCU-U3, que corresponde a zonas con mayor densidad vehicular y actividad comercial intensiva.

- En la temporada de lluvias (T2), las concentraciones promedio de todos los compuestos disminuyen, especialmente en el PCU-U2, lo cual puede atribuirse al incremento de la precipitación y a una mayor turbulencia atmosférica, que promueven la remoción y dilución de contaminantes.

- En cuanto a la meteorología, se realizaron rosas de los vientos y se identificó una mayor velocidad media del viento en la temporada seca 2.83 m/s respecto a la temporada de lluvias (2.32 m/s). Este análisis nos permite inferir la dirección predominante de transporte de masas de aire y, por tanto, estimar el posible origen de los compuestos BTEX detectados. En la mayoría de los sitios (Aeropuerto, Alfa y Omega, Ixtacomitán y Escuela de Fútbol), los vientos provienen del Este-Noreste (56°–64°) durante la temporada seca, con vectores resultantes altos (35–38%), lo que indica una dirección predominante definida y estable.

Razones BTEX

- Las razones toluene/benceno (B/T) y xileno/etilbenceno (X/E) se calculan para determinar el probable origen de los BTEX en un sitio específico. La razon (B/T) con valores <2-3 son para sitios con alta influencia de tráfico por vehículos automotor (Elbir et al., 2006). La razon (X/E) es usada para deducir la edad fotoquímica de las masas de aire, y saber de este modo si éstas son de tipo local y de emisiones frescas (valores <4.4), o bien, provenientes de masas de aire añejas de tipo regional (Keymeulen et al., 2001).

- Para la temporada de secas en todos los sitios de muestreo el promedio de las razones (B/T) fue de **2.529** y para la temporada de lluvias 2.946 indicando que las emisiones registradas de los BTEX probablemente tuvieron su origen a partir de fuentes vehiculares. Por otro lado, para la razón X/E los promedios de todos los sitios en la temporada de secas fue de **0.920 y 0.922** para la temporada de lluvias indicando que, las concentraciones medidas de BTEX fueron de emisiones frescas y de tipo local.

Análisis de evaluación de riesgo a la salud

- Se calculó el índice de riesgo de cáncer como resultado de la exposición a benceno para la población adulta e infantil que habita en la zona de estudio. Los valores para riesgo de cáncer en el tiempo de vida (LTCR) en los cinco sitios de estudio para las temporadas T1 y T2 como se observa en la Figura 8.

- De acuerdo con las guías internacionales, el valor de referencia establecido para el LTCR es de 1×10^{-6}, mientras que el valor de referencia de la OMS es de 1×10^{-5}. El promedio de LTCR para benceno en la población adulta en ambas temporadas fue de 3.20459×10^{-5} y para niños 8.2885×10^{-03}, observándose que para ambas poblaciónes existe un riesgo pues sobrepasan los límites establecidos. Los valores de HQ para los diferentes compuestos se encuentran por debajo del umbral de 1.0 en todos los sitios y para ambas estaciones, lo que indica un riesgo no cancerígeno. No obstante, se observan ligeros incrementos de HQ en los sitios de estudio en temporada de secas y en los sitios con mayor actividad vehicular o industrial.

Box

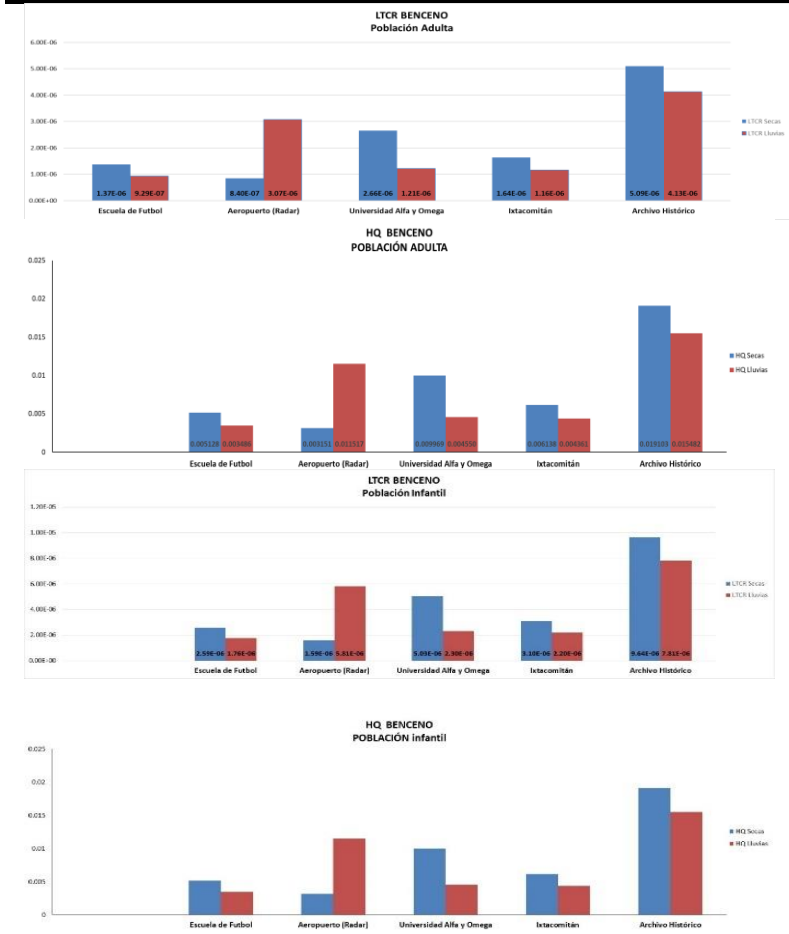


Figura 8

Valores de LTCR y HQ para los 5 sitios de estudio por inhalación de benceno para población adulta y niños durante ambas temporadas de estudio.

Fuente: [elaboración propia]

CONCLUSIONES

- El estudio sobre los BTEX en Villahermosa, Tabasco mostró diferencias espaciales y temporales notables, se observe que, las concentraciones más altas se registraron en el Aeropuerto y el Archivo Histórico, asociadas priincipalemente al tráfico intenso y actividades urbanas, mientras que Escuela de Fútbol e Ixtacomitán presentaron niveles bajos y mayor dispersion de contaminantes.

- Las condiciones meteorológicas influyeron directamente, pues durante la temporada seca se detectaron mayores concentraciones por la menor dispersión atmosférica, y en lluvias, la precipitación y humedad redujeron los niveles de las concentraciones promedio.

- El análisis estadístico (Spearman y ACP) confirmó que tolueno, etilbenceno y xilenos comparten una fuente vehicular común, mientras que el benceno también proviene de fuentes estacionarias o industriales.

- En cuanto a riesgo a la salud, el riesgo carcinogénico por benceno superó los valores de referencia de la EPA y la OMS, representando un potencial peligro para la población, especialmente en la época seca; los demás compuestos no mostraron riesgo inmediato, pero sí acumulativo.
- Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la necesidad urgente de incorporar los compuestos BTEX en los sistemas nacionales de monitoreo de calidad del aire, dado su potencial efecto adverso en la salud humana. Asimismo, se recomienda fortalecer las estrategias de gestión de emisiones vehiculares y control de fuentes de área, promover el uso de combustibles limpios, y realizar campañas de vigilancia ambiental continua en ciudades intermedias como Villahermosa, donde la urbanización y el tráfico vehicular constituyen factores críticos de contaminación.

Referencias

Antecedentes

Organización Panamericana de la Salud. (2014, 7 de mayo). *La calidad del aire se está deteriorando en muchas de las ciudades del mundo*.

Briz-Redón, Á., Belenguer-Sapiña, C., & Serrano-Aroca, Á. (2021). Changes in air pollution during COVID-19 lockdown in Spain: a multi-city study. *journal of environmental sciences*, *101*, 16-26.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). *Tabasco. Información geográfica*. INEGI.

David, E., & Niculescu, V. C. (2021). Volatile organic compounds (VOCs) as environmental pollutants: occurrence and mitigation using nanomaterials. *International journal of environmental research and public health*, *18*(24), 13147.

Khoshakhlagh, A. H., Mohammadzadeh, M., Gruszecka-Kosowska, A., & Oikonomou, E. (2024). Burden of cardiovascular disease attributed to air pollution: a systematic review. *Globalization and Health*, *20*(1), 37.

Cerón Breton, R. M., Céron Breton, J., de la Luz Espinosa Fuentes, M., Kahl, J., Espinosa Guzmán, A. A., Martínez, R. G., Guarnaccia, C., del Carmen Lara Severino, R., … & Francavilla, A. B. (2021). Short-Term Associations between Morbidity and Air Pollution in Metropolitan Area of Monterrey, Mexico. *Atmosphere, 12*(10), 1352.

Estéves, D., Dimas, N. E., Casanova, G. M.T; Cerón, B. J.G; Cerón, B. R. M., Rustrián, P. E., Houbron, E. y Cima, C. (2015). Niveles de BTEX en aire ambiente y niveles de riesgo carcinogénico de benceno en un sitio urbano del centro de Veracruz. 2º congreso Nacional AMICA 2015. Congreso llevado a cabo en Puebla, Puebla.

Básicos

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2024, 2 de diciembre). *Cuentas económicas y ecológicas de México (CEEM), 2023* [Comunicado de prensa n.º 690/24].

Secretaría de Economía. (2016). Información económica y estatal. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/157945/tabasco_2016_1024.pdf

sigma-aldrich.com. (n.d.). sigma-aldrich.com. Retrieved November 30, 2024, from https://www.sigmaaldrich.com/deepweb/assets/sigmaaldrich/marketing/global/documents/327/088/radiello_a1_a8.pdf

Asociación Española de Normalización. (2003). *UNE-EN 13528-2:2003. Calidad del aire ambiente. Captadores difusivos para la determinación de las concentraciones de gases y vapores. Parte 2: Requisitos específicos y métodos de ensayo*. UNE.

Cerón Bretón, J. G., Morales, S. M., Kahl, J. D. W., Guarnaccia, C., del Carmen Lara Severino, R., Marrón, M. R., Lara, E. R., de la Luz Espinosa Fuentes, M., Chi, M. P. U., & Sánchez, G. L. (2020). Health risk assessment of the levels of BTEX in ambient air of one urban site located in leon, guanajuato, mexico during two climatic seasons. Atmosphere, 11(2). https://doi.org/10.3390/atmos11020165

Pennequin-Cardinal, A., Plaisance, H., Locoge, N., Ramalho, O., Kirchner, S., & Galloo, J. C. (2005). Performances of the Radiello® diffusive sampler for BTEX measurements: Influence of environmental conditions and determination of modelled sampling rates. *Atmospheric Environment*, 39(14), 2535-2544.

Bretón, R. M. C., Bretón, J. G. C., Kahl, J. W., Fuentes, M. D. L. L. E., Lara, E. R., Marrón, M. R., ... & Chi, M. P. U. (2020). Short-term effects of atmospheric pollution on daily mortality and their modification by increased temperatures associated with a climatic change scenario in Northern Mexico. *International journal of environmental research and public health*, *17*(24), 9219.

Supporte

Vega-Campa, M., André, F. J., & Soliño, M. (2023). Socioeconomic driving forces behind air polluting emissions in Mexico. *PLoS ONE*, *18*(10).

USEPA. 2012. Benzene. Retrieved from https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/benzene.pdf

Zhang, Z., Wang, X., Zhang, Y., Lü, S., Huang, Z., Huang, X., & Wang, Y. (2015). *Ambient air benzene at background sites in China's most developed coastal regions: Exposure levels, source implications and health risks.* *Science of the Total Environment, 511*, 792–800.

United States Environmental Protection Agency. (1998). *Methodology for assessing health risks associated with multiple pathways of exposure to combustor emissions*. U.S. EPA.

United States Environmental Protection Agency (US EPA), 2014. Risk assessment guidance for superfund volume I: human health evaluation manual (part F, supplemental guidance for inhalation risk assessment): final [EPA Report] (EPA/540/-R-070/002). https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/rags_a.pdf

United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2002. Integrated Risk Information System (IRIS). Toxicological review benzene (non-cancer effects) (EPA/635/R-02/001F). https://assessments.epa.gov/risk/document/&deid=12160

Differences.

Mugica-Álvarez, V., Magaña-Reyes, M., Martínez-Reyes, A., Figueroa-Lara, J., Blanco-Jiménez, S., Goytia-Leal, V., Páramo-Figueroa, V. H., & García-Martínez, R. (2020). Updating real-world profiles of volatile organic compounds and their reactivity estimation in tunnels of Mexico City. Atmosphere, 11(12), 1339. https://doi.org/10.3390/atmos11121339

Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro el de Enfermedades ATSDR (2019). Resumen de Salud Pública Benceno. Recuperado de https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts3.html

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. SEDATU (2018). Modelo Geoestadístico de los Perímetros de Contención Urbana (PCU). Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/333659/Modelo_Geoestad_stico_Per_metros_de_Contenci_n_Urbana_2018.pdf

Bretón, J. G. C., et al. (2018). Characterization and sources of aromatic hydrocarbons (BTEX) in an urban site of Tijuana, Baja California, Mexico. AIP Conference Proceedings, 1982(1), 020020. https://doi.org/10.1063/1.5045426

Discussions.

Elbir, T., Mangır, N., Kara, M., Simsir, S., Eren, T., & Ozdemir, S. (2006). Development of a GIS-based decision support system for urban air quality management in the city of Istanbul. Atmospheric Environment, 40(23), 4230–4242.

Keymeulen, R., Görgényi, M., Héberger, K., Priksane, A., & Van Langenhove, H. (2001). Benzene, toluene, ethyl benzene and xylenes in ambient air and Pinus sylvestris L. needles: a comparative study between Belgium, Hungary and Latvia. Atmospheric Environment, 35(36), 6327-6335.

MARVID®

© MARVID-Mexico

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. BMARVID is part of the media of MARVID-Mexico., E: 94-443.F: 008- (www.marvid.org/booklets)

© 2018 Rights Reserved | MARVID-Mexico (MARVID®-México-Bolivia-Spain-Ecuador-Cameroon-Colombia-Salvador-Guatemala-Paraguay-Nicaragua-Peru-Democratic Republic of Congo-Taiwan)