



Evaluación de la concentración de material particulado sedimentable en Fertisa Sur de Guayaquil, Octubre 2023

Evaluation of the concentration of sedimentable particulate matter in Fertisa Sur de Guayaquil, October 2023

Avaliação da concentração de material particulado sedimentável em Fertisa Sur de Guayaquil, outubro de 2023

Johan Stefania Tates Loor ^I

johana_tates@outlook.com

<https://orcid.org/0009-0005-8277-5049>

Luís Antonio Morocho Rosero ^{II}

lmorocho@uagraria.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0009-1318-4295>

Liliam Stephania Garzón Reyes ^{III}

lgarzon@uagraria.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-0045-9781>

Manuel Eduardo Cepeda Núñez ^{IV}

mcepeda@uagraria.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-0045-9781>

Correspondencia: johana_tates@outlook.com

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 30 de enero de 2024 * **Aceptado:** 22 de febrero de 2024 * **Publicado:** 07 de marzo de 2024

- I. Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador.
- II. Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador.
- III. Ingeniera Agrónoma, Magíster en Agroecología y Desarrollo Sostenible, Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador.
- IV. Auditor en Control de Gestión, Contador Público Autorizado, Master en Contabilidad y Auditoría Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador.

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la concentración de material particulado sedimentable en el sector de Fertisa, sur de la ciudad de Guayaquil, Ecuador. En donde opera el terminal portuario Fertisa. El cual se desarrolló por medio de un monitoreo usando 15 colectores pasivos en un periodo de 30 días. Una vez finalizado el monitoreo, se elaboró un mapa de concentración por medio del software ArcMap. Los resultados mostraron un rango de concentración de 0,20 mg/(cm² 30días) a 1,98 mg/(cm² 30días) siendo los puntos de mayor concentración el punto P7 con 1,98 mg/(cm² 30días), el punto P8 cuyo valor se encontró en 1,66 mg/(cm² 30días) y el punto P9 con 1,67 mg/(cm² 30días). En conclusión, el material particulado sedimentable se encontró fuera del límite máximo permisible para material particulado sedimentable establecido en el Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 4 de la legislación ecuatoriana.

Palabras Clave: Concentración; ArcMap; material particulado sedimentable; método gravimétrico.

Abstract

The objective of this investigation was to evaluate the concentration of sedimentable particulate material in the Fertisa sector, south of the city of Guayaquil, Ecuador. Where the Fertisa port terminal operates. Which was developed through monitoring using 15 passive collectors in a period of 30 days. Once the monitoring was completed, a concentration map was created using ArcMap software. The results showed a concentration range from 0.20 mg/(cm² 30 days) to 1.98 mg/(cm² 30 days) with the points of highest concentration being point P7 with 1.98 mg/(cm² 30 days), point P8 whose value was found at 1.66 mg/(cm² 30 days) and point P9 with 1.67 mg/(cm² 30 days). In conclusion, the settleable particulate material was found outside the maximum permissible limit for settleable particulate material established in Ministerial Agreement 097-A, Annex 4 of the Ecuadorian legislation.

Keywords: Concentration; ArcMap; settleable particulate matter; gravimetric method.

Resumo

O objetivo desta investigação foi avaliar a concentração de material particulado sedimentável no setor Fertisa, ao sul da cidade de Guayaquil, Equador. Onde funciona o terminal portuário da Fertisa. Que foi desenvolvido através de monitoramento utilizando 15 coletores passivos em um

período de 30 días. Concluído o monitoramento, um mapa de concentração foi criado utilizando o software ArcMap. Os resultados mostraram uma faixa de concentração de 0,20 mg/(cm² 30 dias) a 1,98 mg/(cm² 30 dias) sendo os pontos de maior concentração o ponto P7 com 1,98 mg/(cm² 30 dias), ponto P8 cujo valor foi encontrado em 1,66 mg/(cm² 30 dias) e ponto P9 com 1,67 mg/(cm² 30 dias). Concluindo, o material particulado sedimentável foi encontrado fora do limite máximo permitido para material particulado sedimentável estabelecido no Acordo Ministerial 097-A, Anexo 4 da legislação equatoriana.

Palavras-chave: Concentração; ArcMap; material particulado sedimentável; método gravimétrico.

Introducción

A nivel mundial, la exposición a la contaminación del aire genera importantes efectos sobre la salud humana sobre todo en las zonas urbanas, ocasionando un aproximado de 6,5 millones de muertes prematuras anualmente (Kumar et al., 2019; Aguiar et al., 2020).

En el caso de América Latina y el Caribe, al ser una de las regiones con mayor incremento de la población urbana se detecta el insuficiente control y seguimiento a las medidas regulatorias con el fin de mejorar la calidad del aire llegando a provocar aproximadamente 58,000 pérdidas humanas anuales (Gouveia et al., 2021). En el Ecuador, se estima que al año mueren 1770 personas por enfermedades cardiacas y respiratorias (Ministerio de Salud Pública, 2016).

Por otro lado, la medición de la calidad del aire en la ciudad de Guayaquil es mínima y representa un alto costo, lo que dificulta la gestión de datos para posteriores mediciones (Silvera, 2018). Mientras que en la cooperativa Santiago de Roldós del sector de Fertisa se ve influenciada por la contaminación de material particulado que es provocado por las operaciones de la terminal portuaria, sobrepasando los límites permisibles de calidad del aire (Angulo, 2008). Además de los reportes de la presencia de cierta sustancia polvorienta que afectan la calidad de vida y la salud de los habitantes (De los Caballeros, 2021).

El objetivo del presente estudio es el de evaluar la concentración de material particulado sedimentable emitidos por la actividad de transporte y almacenamiento de la terminal de servicios Fertisa, sur de Guayaquil mediante método gravimétrico para la determinación del cumplimiento de límites máximos permisibles según el Acuerdo Ministerial 097-A; mediante un monitoreo de material particulado sedimentable durante un mes, usando muestreadores pasivos en el lugar de

investigación; para la evaluación de cumplimiento con la normativa legal vigente del Acuerdo Ministerial 097-A, anexo 4 de límites máximos permisibles, y la elaboración de un mapa de concentración.

1. 2. METODOLOGÍA

La selección de los puntos de muestreo en la cooperativa Santiago de Roldós, sector de Fertisa, se establecieron de acuerdo a criterios de accesibilidad, seguridad, infraestructura sin obstáculos que dificulten el muestreo como arboleado y edificios (Villacrés, 2015). Para posteriormente ser representados en un mapa por medio de georreferenciación en el software ArcMap 10.3.1 utilizando la ubicación del sitio de estudio en Google Earth Pro (

Figura 1).

Los puntos de monitoreo se ubicaron en un rango de 10 m. a 500 m. Tomando como punto de referencia la terminal portuaria Fertisa, teniendo un total de 15 puntos distribuidos de manera radial. (Tabla 1).

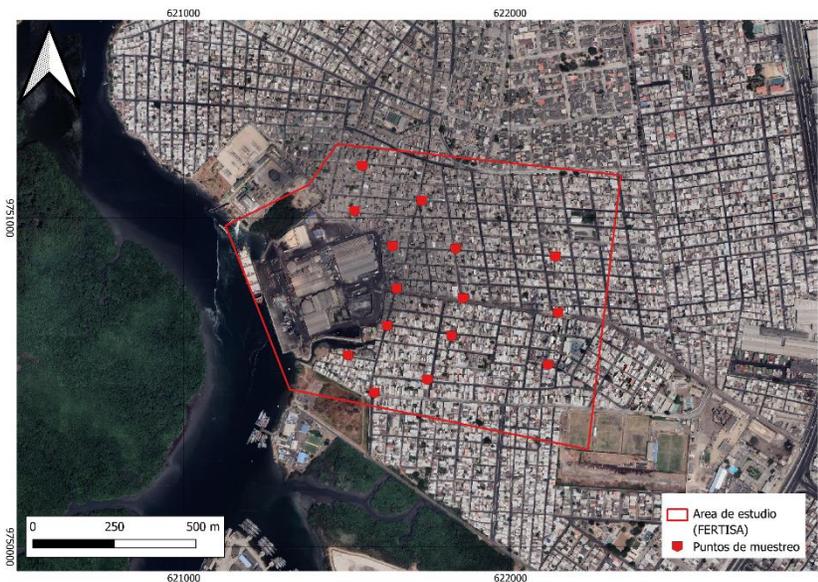


Figura 1. Imagen satelital del área de estudio (Fertisa)

Fuente: Google Earth, 2023

Tabla 1. Coordenadas de los puntos de monitoreo

PUNTO	COORDENADAS WGS 84-UTM 17S	
	X	Y
P1	621523.0	9751020.0
P2	621547.0	9751157.0
P3	621729.0	9751051.0
P4	621640.0	9750913.0
P5	621833.0	9750905.0
P6	622138.0	9750881.0
P7	621652.0	9750784.0
P8	621855.0	9750754.0
P9	622146.0	9750710.0
P10	621623.0	9750671.0
P11	621820.0	9750640.0
P12	622115.0	9750552.0
P13	621503.0	9750581.0
P14	621746.0	9750507.0
P15	621583.0	9750467.0

Fuente: elaboración propia

Se llevó a cabo la recolección de datos en un periodo de 30 días correspondiente al mes de octubre del 2021, utilizando la metodología gravimétrica por medio de la colocación de tubos tipo PET con filtros en su interior del envase para la medición del parámetro de material particulado sedimentable, siguiendo la normativa de calidad del aire (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia, 2008; Acuerdo Ministerial 097-A, 2015). Posteriormente se realizó el pesaje de las partículas insolubles determinando la diferencia del peso por el papel filtro

resultante del lavado de los envases recolectores y puestos en la estufa durante 1 hora a una temperatura de 60°C.

Así mismo se procedió a realizar el pesaje de las partículas solubles que consistió en el pesaje que se evapora luego de haber colocado las muestras por un lapso de 1 hora en la estufa a 60 °C. Dando como resultado la suma del pesaje en balanza analítica el material particulado sedimentable con la siguiente formula (Andi y Vega, 2019):

$$MPS = \left(\frac{\text{mg}}{\text{cm}^2 * 30 \text{ días}} \right) = \frac{P_2 + P_1}{A * T}$$

Donde:

MPS: Material Particulado Sedimentable expresado en mg/(cm² 30 días)

P₂: Refiriéndose al pesaje del material particulado soluble (mg)

P₁: Material particulado sedimentable insoluble (mg)

A: Área del recipiente colector (cm²)

T: Tiempo del monitoreo (30 días)

De acuerdo a la norma de calidad del aire ambiente del Acuerdo Ministerial 09-7 Anexo IV (2015) se debe realizar las correcciones de las mediciones recolectadas de acuerdo con el sitio de estudio utilizando la fórmula:

$$C_c = C_o \frac{760 \text{ mm Hg}}{P_{bl} \text{ mm Hg}} * \frac{(273 + t^{\circ}\text{C})^{\circ}\text{K}}{298^{\circ}\text{K}}$$

Donde:

C_c: Concentración corregida; C_o: Concentración observada

P_{bl}: Presión atmosférica local, en milímetros de mercurio (mmHg)

t°C: Temperatura local, en grados centígrados (C°).

Una vez obtenida la concentración de material particulado sedimentable se evaluó con la normativa legal vigente el cual establece que la máxima concentración de la muestra es de 1 mg/(cm² 30días) (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).

Para posteriormente realizar el mapa de dispersión de material particulado sedimentable se utilizó el software ArcMap 10.3.1. como forma de interpolar geográficamente los datos obtenidos en el muestreo con el fin de evaluar las zonas de mayor concentración y la dispersión de este contaminante, se desarrolló en base a la metodología empleada por (Villacrés, 2015) utilizando la herramienta de análisis geoestadístico IDW (Ponderación de distancia inversa) la cual ayudó con la interpolación de los datos promedio de las celdas relacionadas con los puntos de estudio.

3. RESULTADOS

3.1. REALIZACIÓN DE UN MUESTREO DE MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE DURANTE UN MES MEDIANTE MUESTREADORES PASIVOS

El material particulado sedimentable del sector de Fertisa se obtuvo a partir de la utilización de 15 colectores pasivos que posterior al mes de muestreo y por método gravimétrico fueron pesados en laboratorio (Tabla 2).

Tabla 2. Material particulado sedimentable (MPS) en el periodo de 30 días

Punto	Área filtro (cm ²)	Peso inicial del filtro (mg)	Peso soluble (mg)	Peso insoluble (mg)	Peso total MPS (mg)	Concentración MPS (mg/cm ² *30 días)	Cc MPS (mg/cm ² *30 días)
P1	103,87	764,9	28,8	102,2	131,0	1,26	1,27
P2	103,87	751,4	**	**	**	**	**
P3	103,87	750,6	44,6	35,0	79,6	0,77	0,77
P4	103,87	753,2	68,9	64,0	132,9	1,28	1,28
P5	103,87	745,7	109,6	35,3	144,9	1,40	1,40
P6	103,87	759,9	34,9	24,5	59,4	0,57	0,57
P7	103,87	745,8	137,1	67,6	204,7	1,97	1,98
P8	103,87	759,1	123,1	48,2	171,3	1,65	1,66
P9	103,87	751,4	102,1	71,1	173,2	1,67	1,67
P10	103,87	761,6	0,0	20,5	20,5	0,20	0,20
P11	103,87	778,3	**	**	**	**	**
P12	103,87	741,8	25,2	37,8	63,0	0,61	0,61
P13	103,87	756,9	0,0	25,1	25,1	0,24	0,24
P14	103,87	758,2	29,7	15,5	45,2	0,44	0,44
P15	103,87	762,0	35,5	16,2	51,7	0,50	0,50

** : Valores no registrados

Cc MPS: Concentración corregida del Material Particulado Sedimentable

Fuente: elaboración propia

Durante el monitoreo, los colectores pasivos correspondientes a los puntos P2 y P11, sufrieron averías, por tal motivo no fue posible realizar la recolección de datos de dichos puntos. En cuanto a los puntos restantes, el monitoreo se pudo llevar a cabo sin ningún tipo de inconveniente.

Para obtener la concentración de material particulado sedimentable se sumó el peso de material soluble e insoluble sobre el área de filtro de 103,87 cm² (Tabla 2). A la vez, se realizó la corrección de la concentración para material particulado sedimentable que según Acuerdo Ministerial 097-A (2015)

Además, se observó el comportamiento de los parámetros meteorológicos durante el mes de monitoreo, los cuales fueron proporcionados por la estación meteorológica Puerto Hondo del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

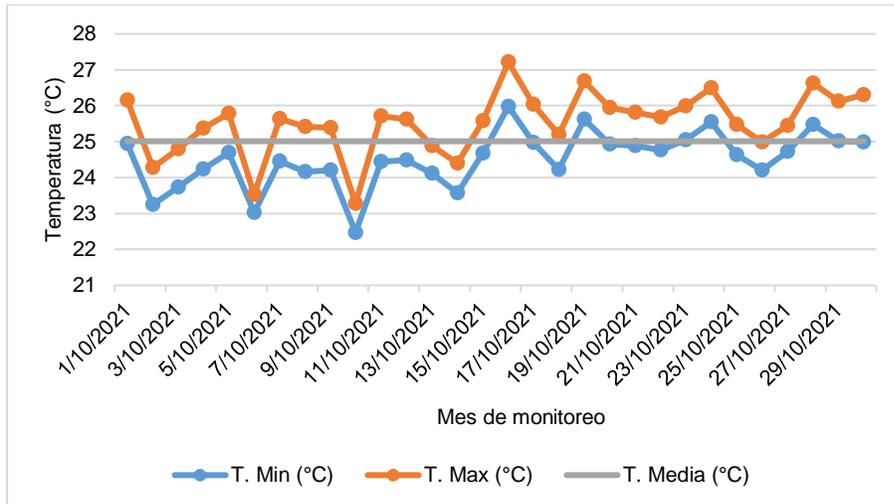


Figura 2. Temperatura media (°C) registrada durante el mes de monitoreo obtenida de la estación meteorológica de Puerto Hondo

Fuente: elaboración propia

Los datos obtenidos en Figura 2 muestran que, durante el tiempo de monitoreo se registró una temperatura promedio de 25,01°C, una temperatura máxima de 25,53°C y como temperatura mínima un promedio de 24,52°C.

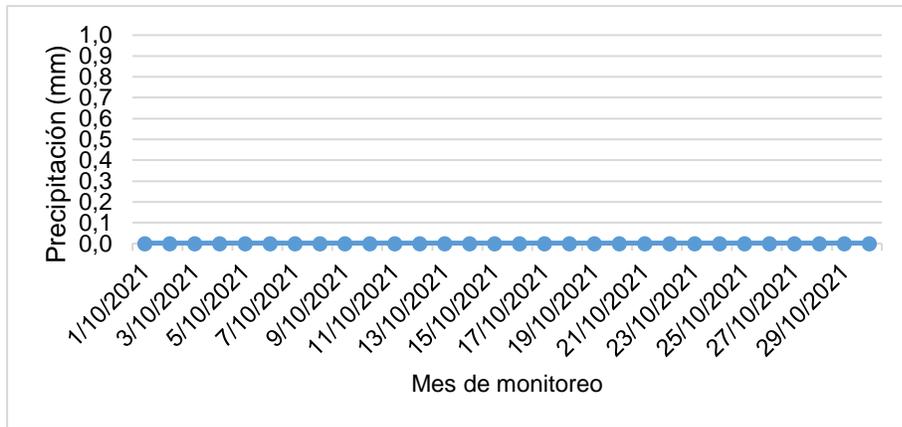


Figura 3. Precipitación (mm) registrada durante el mes de monitoreo obtenida de la estación meteorológica de Puerto Hondo

Fuente: elaboración propia

Mientras que en la Figura 3, se presenta el parámetro meteorológico de la precipitación, la cual se mantuvo constante, ya que corresponde a época seca, por ende, el valor registrado fue de 0,0 mm.

3.2. COMPARACIÓN CON LA NORMATIVA LEGAL VIGENTE DEL ACUERDO MINISTERIAL 097-A, ANEXO 4 DE LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES

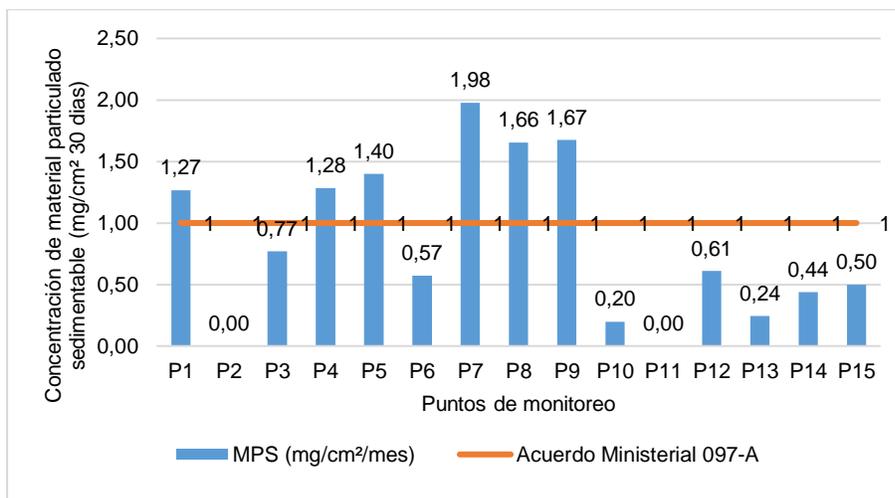


Figura 4. Comparación del MPS obtenido con el Acuerdo Ministerial 097-A

Fuente: elaboración propia

En la Figura , se muestran los valores resultantes de los puntos de monitoreo siendo los puntos P1, P4, P5, P7, P8 y P9 están por encima del límite máximo permisible establecido por la norma de calidad del aire ecuatoriana, la cual indica que es de 1 mg/(cm² 30días). Por otro lado, los puntos

de monitoreo (P7, P8, P9) representan las concentraciones altas de 1,98 mg/(cm² 30días), 1,66 mg/(cm² 30días) y 1,67 mg/(cm² 30días) respectivamente.

Tabla 3. Análisis estadístico: Prueba de T-Student para material particulado sedimentable

N	t	p	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Varianza	Coefficiente Variación	IC de 95% para μ
15	-0,96	0,177	0,839	0,651	0,168	0,424	77,60	(0,478; 1,199)

Fuente: elaboración propia

Al realizar el análisis estadístico con el t-student con un nivel de significancia de 0,05; se pudo comprobar que al ser el valor de p mayor que 0,05, se aceptó la hipótesis nula indicando que las concentraciones de MPS obtenidas en el monitoreo son iguales a 1 y sobrepasan el límite máximo permisible de la norma de calidad de aire establecida en el Acuerdo Ministerial 097-A anexo 4 (2015).

3.2. EVALUACIÓN DE LA ZONA DE MAYOR CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE MEDIANTE LA ELABORACIÓN DE UN MAPA DE CONCENTRACIÓN.

En la Figura 5 se presenta el comportamiento resultante del material particulado sedimentable en el sector de Fertisa de acuerdo con el mes de monitoreo mediante el uso del software ArcMap con la herramienta de interpolación IDW y su respectiva escala de coloración roja a verde correspondientes a las zonas de mayor y menor concentración.

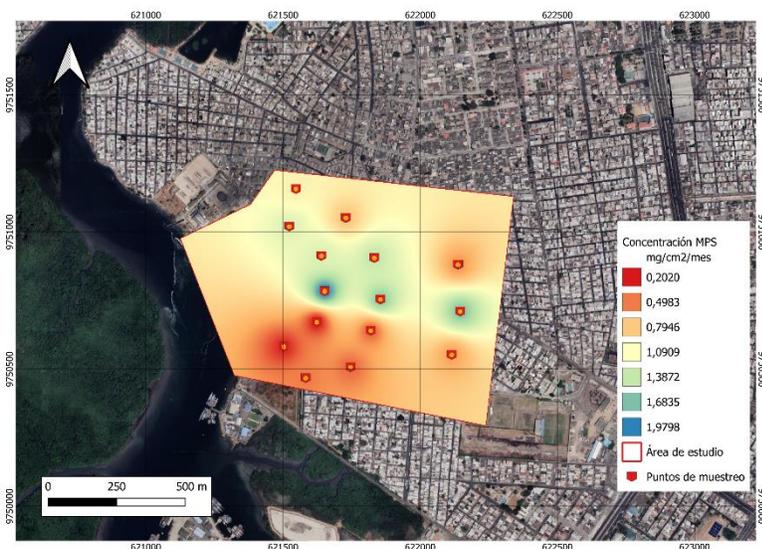


Figura 5. Mapa de concentración de MPS en el sector de Fertisa

Fuente: elaboración propia

El punto P7 con un valor de 1,98 mg/(cm² 30 días), los puntos P8 y P9 ambos presentaron un valor de 1,66 mg/(cm² 30 días) y 1,67 mg/(cm² 30 días) respectivamente, estas concentraciones se deben por la afluencia de vehículos de carga pesada que por la avenida principal San Juan Don Bosco hacen su ingreso y salida del terminal portuario Fertisa, los mismos que favorecen la permanencia del material contaminante de coloración negra en las zonas aledañas.

4. DISCUSIÓN

2. La presente investigación se llevó a cabo la medición de la concentración de material particulado sedimentable en el sector de Fertisa, sur de Guayaquil, contando con un total de 15 puntos distribuidos de forma radial utilizando la metodología de tubos pasivos por un periodo de 30 días, los resultados indicaron que en el mes de monitoreo 6 puntos sobrepasaron el límite máximo permisible establecido en el Acuerdo Ministerial 097-A anexo 4 (2015).
3. Así también se evidencia en la investigación de Vallejo et al. (2016) el cual usó 6 envases colectores pasivos distribuidos de forma aleatoria presentando una concentración mayor a la normativa de 25,27 (mg/cm² 30 días), esto debido al sector de transporte tanto pesados como livianos.
4. Los puntos de concentración de material particulado en esta investigación registraron un promedio de 0,83 mg/(cm² 30días) donde el valor con mayor concentración tuvo lugar en el punto P7 cercano a la empresa con 1,98 mg/(cm² 30días).
5. En contraste con el estudio realizado por Villacrés (2015) que realizó el monitoreo con envases pasivos en 6 puntos estratégicos con duración de un mes en la ciudad de Ambato, los resultados presentaron concentraciones por encima del límite máximo permisible establecido por la OMS de 0,5 mg/(cm² 30 días). Además, se emplearon encuestas que determinaron que el 76% de los encuestados sufrían de enfermedades respiratorias por su cercanía a industrias, construcciones, minas y zonas con alta erosión.

6. Por otro lado, la variable de precipitación obtenidas a través del INAMHI por la estación meteorológica Puerto Hondo durante el mes de monitoreo presentaron poca variabilidad en los datos, ya que el presente estudio se llevó a cabo en época seca, por ende, no represento un obstáculo para la medición del contaminante.
7. En cuanto al mapa de concentración para la evaluar la concentración del contaminante se tomó como referencia la propuesta de Villacrés (2015) utilizando el método de interpolación por IDW que es preciso para muestras con pocos datos concluyendo que las concentraciones altas se manifestaron en zonas con alta actividad agrícola e industria, además de zonas con suelo sin pavimentar, en la parte céntrica de la ciudad por el transporte y en zonas lejanas se visualizó un descenso de las concentraciones. Para el presente estudio, se observó la dispersión del material particulado sedimentable y los puntos con mayor concentración los cuales se fijaron en la avenida principal de ingreso y salida a la empresa Fertisa.
8. Mientras que se destaca el estudio realizado por Andi y Vega (2019) que utilizó la metodología de interpolación con la herramienta Kriging donde el punto de mayor concentración de material particulado sedimentable se reflejó por la cercanía a industrias y que la variación de velocidad y dirección de viento influyo sobre los puntos de monitoreo lejanos para dar consigo concentraciones mínimas.
9. 5. CONCLUSIONES
10. El presente estudio demostró que el monitoreo de material particulado sedimentable por método pasivo en el sector de Fertisa en el mes de octubre 2021, obtuvo concentraciones mayores al establecido en la normativa ambiental aplicable.
11. En cuanto a la comparación de las concentraciones resultantes por medio del análisis estadístico empleando T-student, se determinó que la mayoría de los puntos de monitoreo no cumplieron con el límite máximo permisible establecido en la norma de calidad del aire del Acuerdo Ministerial 097-A correspondiente a $1 \text{ mg}/(\text{cm}^2 \text{ 30días})$.

Así mismo, el mapa de concentración concluyó que la dispersión del material particulado sedimentable presentó concentraciones fuera de norma en los puntos ubicados en la vía principal de acceso al terminal portuario Fertisa. Debido a esto, se presume que el origen de este material particulado son los vehículos de carga pesada que hacen su ingreso al sector de Fertisa

Referencias

- Acuerdo Ministerial 097-A. (2015). Norma de calidad del aire ambiente. https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf
- Aguiar, D., Gómez, L., Álvarez, T., Correa, M., & Saldarriaga, J. (2020). Evaluating the impact of PM_{2.5} atmospheric pollution on population mortality in an urbanized valley in the American tropics. *Atmospheric Environment*, 224, 153-1173. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117343>
- Andi, J., & Vega, R. (2019). Determinación y caracterización de concentraciones de material particulado sedimentable y volátil en el sector Calpi cantón Riobamba por incidencia industrial [Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/5639/1/UNACH-EC-ING-AMBT-2019-0008.pdf>
- Angulo, R. (2008). Medición y evaluación de la calidad de aire en los sectores de Fertisa y Trinitaria de la ciudad de Guayaquil debido a presencia de material particulado menor a 10 y 2.5 μm . [Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/11970/Tesis%20de%20grado.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- De los Caballeros, S. (2021). Vecinos de la coop. Santiago de Roldós, sur de Guayaquil, se quejan por polvo negro que llega a sus hogares desde el puerto de Fertisa. *Diario El Universo*. <https://www.eluniverso.com/guayaquil/comunidad/vecinos-de-la-coop-santiago-de-roldos-sur-de-guayaquil-se-quejan-por-polvo-negro-que-llega-a-sus-hogares-desde-el-puerto-de-fertisa-nota/>
- Franco, J., Gidhagen, L., Morales, R., & Behrentz, E. (2019). Towards a better understanding of urban air quality management capabilities in Latin America. *Environmental Science & Policy*, 102, 43-53. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.09.011>
- Gouveia, N., Kephart, J., Dronova, I., McClure, L., Granados, J., Betancourt, R., O’Ryan, A., Texcalac, J., Martinez, K., Rodriguez, D., & Diez, A. (2021). Ambient fine particulate matter in Latin American cities: Levels, population exposure, and associated urban factors. *Science of The Total Environment*, 772, 145035. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145035>

- Kumar, P., A., A., Gallagher, J., Gatersleben, B., Allison, S., Eisenman, T. S., Hoang, U., Hama, S., Tiwari, A., Sharma, A., Abhijith, K. V., Adlakha, D., McNabola, A., Astell-Burt, T., Feng, X., Skeldon, A. C., de Lusignan, S., & Morawska, L. (2019). The nexus between air pollution, green infrastructure and human health. *Environment International*, 133, 105181. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105181>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. (2008). Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527391/Protocolo+para+el+Monitoreo+y+seguimiento+de+la+calidad+del+aire.pdf/6b2f53c8-6a8d-4f3d-b210-011a45f3ee88>
- Ministerio de Salud Pública. (2016). Municipios saludables respiran vida. <https://www.salud.gob.ec/municipios-saludables-respiran-vida/>
- Miranda, J., Merma, L., & Herrera, M. (2019). Evaluación de la concentración de polvo atmosférico sedimentable y material particulado (PM2.5, PM10) para la gestión de la calidad del aire 2017, en la ciudad de Tacna. *INGENIERÍA INVESTIGA*, 1(1), 124-138. <https://doi.org/10.47796/ing.v1i1.128>
- Silvera, K. (2018). La medición de calidad del aire inicia a paso lento. *Diario Expreso*. <https://www.pressreader.com/ecuador/diario-expreso/20180707/281938838672891>
- Vallejo, P., González, C., & Mena, F. (2016). Cálculo referencial de material particulado en el aire como factor de contaminación ambiental en el área urbana de la ciudad de Pujilí. *Enfoque UTE*, 7(2), 109-119. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n2.99>
- Villacrés, M. (2015). Evaluación de la contaminación atmosférica de la ciudad de Ambato relacionada con el material particulado sedimentable [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4855>