



**UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPIRITU SANTO**

**FACULTAD DE INGENIERIAS**

**TÍTULO:** CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE EN LA ZONA URBANA DE “LA TRONCAL”, Y SU RELACIÓN CON LAS ACTIVIDADES AGRÍCOLAS DE CAÑA DE AZÚCAR.

**TRABAJO DE TITULACIÓN QUE SE PRESENTA COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR EL GRADO DE INGENIERIA AMBIENTAL**

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:**

**DANIEL SEBASTIAN CRESPO CABRERA**

**SAMBORONDÓN, ABRIL 2022**

## Resumen

Las quemas de los cultivos de caña de azúcar es una práctica habitual que se ha venido realizando durante muchos años de forma continua hasta la actualidad, por lo que existe la percepción de que el material particulado sedimentable que se genera a través de ellas, su concentración pueda perjudicar a la calidad del aire. Este proyecto busca evaluar la concentración del material particulado sedimentable en la zona urbana y a partir de ello identificar qué relación tiene con las actividades agrícolas tomando en cuenta las variables de cosechas, hectáreas quemadas totales y mensuales del sector. Para el estudio se consideró 4 sitios de muestreo, ubicados dentro de la zona urbana. Además, se empleó la metodología referida en “Método estándar ASTM D-1739 para recolección y medición de caída de polvo”, el monitoreo se efectuó durante los meses de agosto a noviembre del 2021.

El presente trabajo muestra valores de línea base referentes a concentraciones en el aire, respecto a material particulado sedimentable, en los cuales se presentó un promedio de concentración de 1,30 mg/cm<sup>2</sup>, sin embargo, en ninguno de los sitios de muestreo se constató que se excedieran los límites permisibles de concentración de 1 mg/cm<sup>2</sup> por 30 días, expuestos en la norma de calidad ecuatoriana, pero si se obtuvo una relación directa que reflejaba que a mayor quema de los cultivos, mayor era la concentración proveniente del material particulado de zonas aledañas.

**Palabras clave:** *concentración, material particulado sedimentable, Caña de azúcar, agrícola, quemas, calidad del aire*

## Abstract

The burning of sugarcane crops is a common practice that has been carried out continuously for many years until today, so there is a perception that the sedimentable particulate material that is generated through them, their concentration harm the quality of the air can. This project seeks to evaluate the concentration of sedimentable particulate material in the urban area and from this identify what relationship it has with agricultural activities, taking into account the variables of harvests, total and monthly burned hectares. For the study, 4 survey sites are required, located within the urban area. In addition, the methodology referred to in the "Standard method ASTM D-1739 for collection and measurement of dust fall" was used, the monitoring was carried out during the months of August to November 2021.

The present work shows reference baseline values to concentrations in the air, with respect to sedimentable particulate material, in which an average concentration of 1.30 mg/cm<sup>2</sup> was presented, however, in none of the test sites was it found that the permissible concentration

limits of 1 mg/cm<sup>2</sup> for 30 days, set forth in the Ecuadorian quality standard, were exceeded, but a direct relationship was obtained that reflected that the greater the burning of the crops, the greater the concentration from the particulate material from surrounding areas.

**Keywords:** *concentration, sedimentable particulate matter, sugarcane, agricultural, burning, air quality*

## **Introducción**

Durante muchos años en algunos países que tienen como producción principal los cultivos de caña de azúcar, el uso de la quema para la cosecha, es considerada una práctica común del cual la actividad económica de La Troncal ha obtenido grandes avances por la producción obtenida de los cultivos de caña de azúcar, considerándola un factor clave para el desarrollo del cantón, sin embargo; acarrea uno de los posibles efectos que deterioran la calidad del aire, como lo es la propagación de la ceniza y su concentración, catalogado como material particulado sedimentable (Sánchez Silva, 2014)

Este tipo de partícula sedimentable es un contaminante surge previo al corte manual de caña; los cañaverales se incendian con el motivo de eliminar la mayor parte de follaje seco, debido a que así facilitan el acceso de los cortadores, ya que realizada la quema los agricultores cortan los tallos desde su base y separan el follaje que no logro quemarse, se acumulan en grandes pilas de tallos para ser llevados por el cargador mecánico al ingenio y así todo aquel follaje remanente que existe se deja en el terreno a que sequen para luego eliminarlos por completo en una segunda quema (Eggleston, Legendre, & Richard, 2001)

Por otro lado, existen estudios en el país de México relacionados al material particulado y la relación que conlleva con la práctica agrícola de caña de azúcar, en la cual menciona que son altamente contaminantes del medio ambiente debido a procesos obsoletos que en la actualidad se siguen implementando desde las labores en campo hasta procesos de fabricación y que el fenómeno de la quema está relacionada directamente a costos (Vilaboa & Barroso, 2013).

Por consiguiente, surge la iniciativa de realizar un diagnóstico de la concentración de material particulado sedimentable y de esta manera responder a la pregunta de este proyecto de investigación: ¿La quema de los cultivos de caña de azúcar tiene alguna influencia en la concentración de material sedimentable y la calidad del aire en los alrededores del cantón La Troncal? La hipótesis central se basa en si los niveles de concentración de material sedimentable se mantienen dentro del rango permisible según lo establecido en la norma de calidad del aire ecuatoriana y verificar si se relaciona con las actividades de corte en el sector cañicultor de zonas aledañas.

## **Objetivos**

### *Objetivo general:*

Analizar la concentración de material particulado sedimentable en la zona urbana de “La Troncal”, y su relación con las actividades agrícolas de caña de azúcar.

### *Objetivos específicos:*

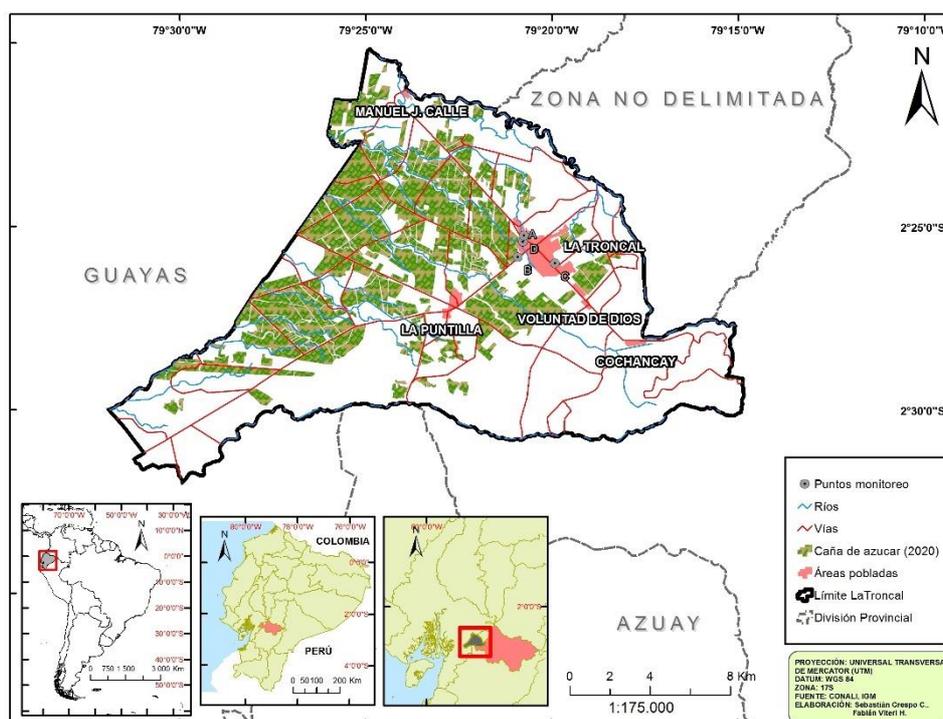
- 1) Evaluar concentración de material particulado en la zona urbana del cantón La Troncal.
- 2) Analizar la relación que tiene la intensidad de las actividades agrícolas provenientes de la caña de azúcar con los valores obtenidos de concentración en el sector aledaño de La Troncal.

## **Metodología**

### *Área de estudio*

El presente proyecto de investigación, se desarrolló en la zona urbana del cantón La Troncal, específicamente en los meses de agosto hasta noviembre, escogidos debido a la época de zafra, puesto que en este periodo se realizan actividades de quema de los cañaverales y son los aptos para considerar nuestro estudio, estableciendo de esta manera un tiempo de investigación de 4 meses.

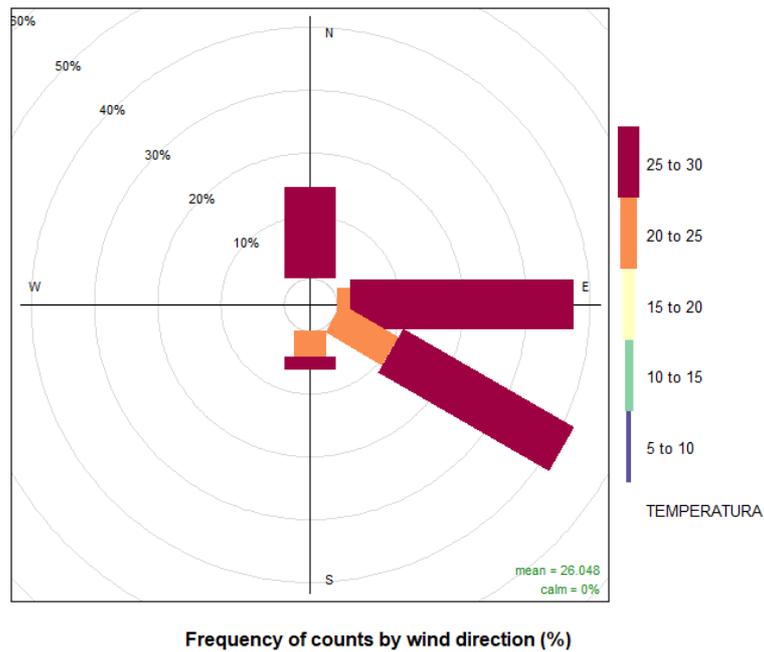
El área de muestreo como se observa en la *Figura 1*, está localizada en la región costa en la zona occidental de la provincia del Cañar. Se encuentra ubicado dentro de las siguientes coordenadas geográficas: latitud sur 2°28'22" y 2°30'05" y longitud oeste 79°14'14" y 79°31'45". Posee una extensión de 32.780 Has, aquellas que están subdivididas en la siguiente forma: Parroquia La Troncal 12.483,4 Has. Parroquia Manuel de J. Calle, 3.746,8 Has. y Parroquia Pancho Negro 16.549,8 Has. (GAD Municipal La Troncal, 2020).



**Figura 1:** Mapa de ubicación del cantón La Troncal

Según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INHAMI) en su anuario meteorológico n°53- 2013 publicado en el año 2017 estableció que las condiciones meteorológicas según su estación más cercana “m5090”, indican que la temperatura en el cantón La Troncal tiene un promedio de 26 °C en el transcurso de todo el año, así como también el porcentaje de humedad relativa de 56%. Además, se pueden apreciar valores promedio de precipitación mensuales de 11,1 mm y, por último, velocidades promedio de viento de 6.6 km/h. (INHAMI, 2017)

Se generó una rosa de vientos a partir de los datos de meteorología obtenidos como: temperatura, velocidad y dirección del viento respecto a los meses de muestreo (ver *Figura 2*).



**Figura 2:** Rosa de vientos durante el periodo de muestreo en La Troncal

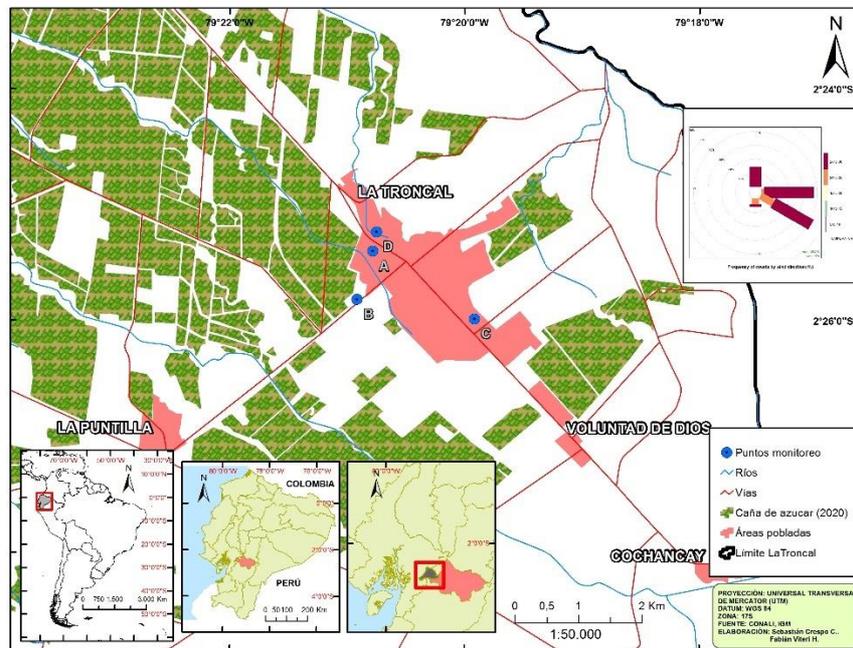
*Localización de zonas de muestreo*

Se establecieron 4 puntos de muestreo las cuales abarcan todo el cantón La Troncal, ubicados en las siguientes zonas (ver *Tabla 1*):

**Tabla 1.** *Coordenadas del área de estudio.*

Zona	Latitud	Longitud
1	2°25'24" S	79°20'47" O
2	2°25'49" S	79°20'55" O
3	2°25' 59" S	79°19' 55" O
4	2°25'14" O	79°20'45" O

En la *Figura 3*, se encuentran los 4 puntos de monitoreo que se tomaron en consideración para la zona urbana.



**Figura 3:** Ubicación de los 4 sitios establecidos en el plano actual del cantón La Troncal

### *Diseño*

El diseño metodológico es no experimental y transversal puesto que se evaluará la concentración de material particulado con una metodología aplicada a las condiciones de la localidad en tiempo real durante el tiempo de investigación.

### *Muestreo*

Para la ejecución de este estudio se tomó como referencia la técnica basada en el método estándar para la recolección y medición de caída de polvo ASTM D-1739.

Por otro lado, para el procesamiento de las muestras las partículas colectadas serán clasificadas en solubles e insolubles. Las partículas insolubles se determinarán mediante diferencia de peso ganado por un filtro MN 615 de 125 mm, que retenga aquellas partículas contenidas en el líquido de lavado del contenido del envase. Las partículas solubles por medio de la diferencia de peso ganado por un crisol, en el cual se evaporará el líquido de lavado del

envase (TULSMA, 2017). En este caso el filtro fue secado en la estufa Memmert SFB-400 y el material resultante fue pesado en una balanza analítica KERN ALT 220-4NM.

La concentración total de partículas sedimentables será la suma de partículas solubles e insolubles, normalizadas con respecto al área total de captación del envase. Todas las muestras obtenidas durante el periodo de muestreo serán enviadas a un laboratorio para su análisis y así poder obtener los valores de material particulado soluble e insoluble como se lo menciona anteriormente.

La información relacionada a la intensidad agrícola se obtuvo de manera confidencial y fue brindada por el ingenio azucarero de La Troncal, se procesó mediante tablas los datos obtenidos como variables independientes como cosecha y quemas, igualmente para conocer las diferencias de promedios entre sitios se tuvo que aplicar para ambos casos estadística descriptiva e inferencial.

Para seleccionar la localización de los sitios de muestreo se los ubico en lugares seguros, de fácil acceso para que pueda estar prevenido del vandalismo y que no estén cerca de fuentes de contaminación. (American Society for Testing and Materials, 1989)

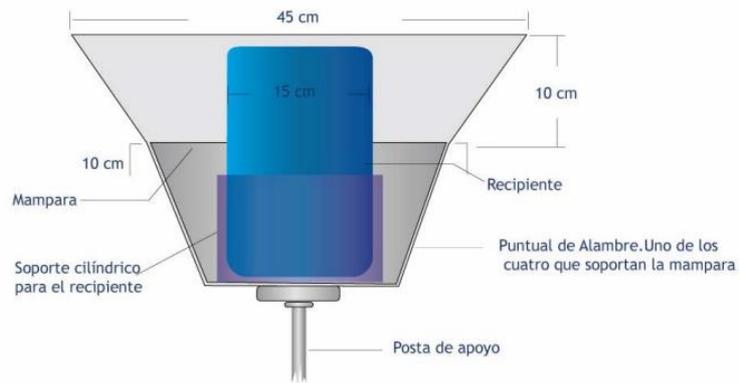
Para la elaboración de los colectores de polvo de nuestro muestreo en la *Tabla 2*, se tomó como referencia los requisitos establecidos de la metodología de medición de partículas sedimentables, como son los siguientes:

**Tabla 2.** *Especificaciones técnicas del equipo de muestreo*

Recipiente colector	Envase de material de acero o plástico impermeable en forma de cilindro con una abertura de 15 cm de diámetro y una altura no superior al doble de su diámetro (30 cm), con una tapa que se ajuste correctamente.
Soporte para el recipiente (Canasta)	El soporte tendrá que sostener la parte superior del recipiente a 2 m sobre el nivel del suelo. Además, se utilizaron platinas para poder sujetar el soporte con la mampara.
Mampara o Cono	Deberá contar con una abertura superior de 45 cm de diámetro y una inferior de 30 cm.
Posta de apoyo	Se utilizo un tubo de metal de una altura máxima de 1,7 mts.

**Fuente:** (American Society for Testing and Materials, 1989)

A continuación, en la *Figura 4*, se presenta un esquema ilustrativo del diseño junto a las medidas específicas del muestreador de polvo colector



**Figura 4:** *Diseño ilustrativo de colector de polvos*

**Fuente:** Imagen de (IDEAM, 2008)

Igualmente, en la *Figura 5*, se puede ver un ejemplo de uno de los colectores de polvo establecidos en uno de los sitios de muestreo.



**Figura 5:** Colector de polvos ubicado en uno de los sitios de muestreo

### *Recolección de muestras*

Se deberá realizar durante un mes de calendario, con una tolerancia de  $\pm 2$  das para que los resultados se normalicen a 30 días, esto es debido al tiempo que puede llevar al retirar y colocar las muestras, también se llevara un registro de fecha al momento de la manipulación de los colectores para que este apta para recolectar nuevamente. Si existe incertidumbre de que el recipiente se reboso por exceso de lluvias, se debe invalidar la muestra en su totalidad y los resultados se reportaran en  $gr/cm^2$  por periodo de 30 días según lo normado por el acuerdo ministerial 097A-Anexo 4 del Texto Unificado de Legislación Secundaria. (CIMM, 1992)

### *Cálculo de material sedimentable*

Al concluir el análisis del laboratorio con los pesajes de las muestras, se calculó la concentración corregida a través de la ecuación (1) mediante las fórmulas estipuladas según el acuerdo ministerial 097A-Anexo 4:

- Cc: Concentración Corregida

$$Cc = \frac{Co * 760 \text{ mm Hg}}{\text{Presión atmosférica del sitio en mm Hg}} * \frac{(273 + \text{Temperatura local en } ^\circ\text{C})^\circ K}{298 K} = \left[ \frac{mg}{cm^2 * 30 \text{ dias}} \right] \quad (1)$$

### *Análisis de datos*

Se obtuvo promedios mensuales correspondientes a los sitios y se les calculó el intervalo de la confianza al 95% para constatar si el valor del límite máximo permisible de la norma estaba contenido dentro de ese intervalo, se hizo un análisis de regresión lineal simple y se fijó como variable dependiente la concentración de las partículas sedimentables para poder realizar 3 pruebas en las que se las relacione con la variable independiente de cosecha total, quema total, quemas específicas mensuales del área de influencia determinada por la rosa de vientos. También se realizó una rosa de vientos por medio del programa R Wizard para conocer el área de influencia de los vientos en la dispersión del material particulado que se genera por la quema de cultivos de los sectores aledaños, de los cuales la información meteorológica fue proporcionada por el Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología (INAMHI). Las pruebas se hicieron con el programa Excel con un valor de significancia de  $\alpha = 0,05$ . Además, para la

determinación de las diferencias de promedios obtenidas entre sitios, se realizó un test de Shapiro-Wilk para conocer la normalidad de los sitios, de los cuales solo un sitio (A) no fue normal en comparación del resto, asimismo se hizo un test de Levene para saber la homocedasticidad y luego Kruskal Wallis, para aplicar al último test Dunn y conocer si los resultados son significativos o no.

### Resultados

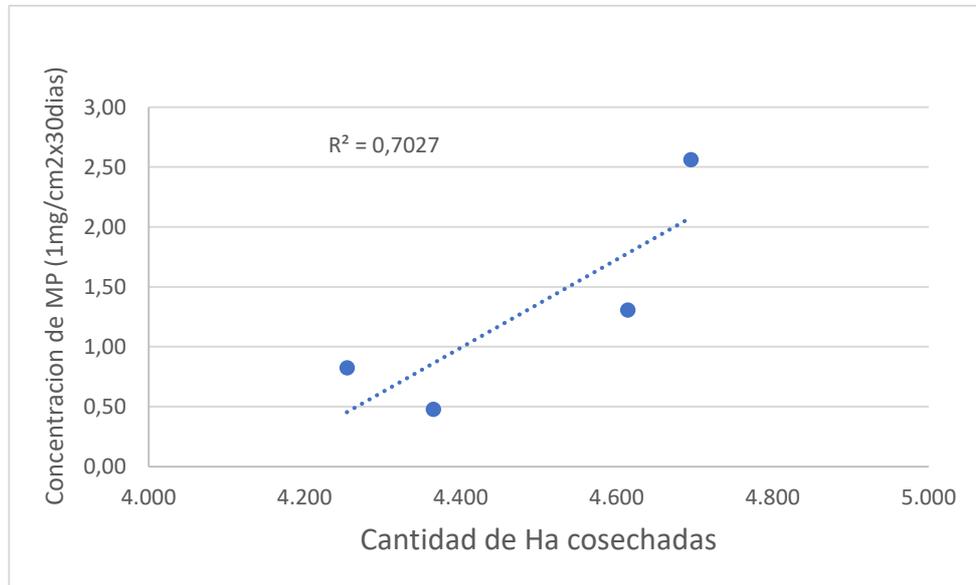
Por medio de los datos reflejados, en la Tabla 3, se puede observar que el promedio mensual fue de 1,30 mg/cm<sup>2</sup> x 30 días y estuvo dentro de un intervalo de confianza de 95% de (0,38 – 2,21) conteniendo el valor normado de 1 mg/cm<sup>2</sup> por el límite permisible para la concentración de partículas sedimentables en 30 días descrito por la normativa de calidad del aire ecuatoriana.

Por un lado, respecto al sitio A, fue el único que estuvo significativamente por debajo de la norma estipulada, debido a, sin embargo, el resto de sitios demostraron valores que los contienen dentro de la norma (ver *Tabla 3*).

**Tabla 3.** Resultados de valores obtenidos de promedios mensuales de los sitios de muestreo, comparados contra el límite máximo permisible de una muestra de partículas sedimentables en 30 días en un intervalo de 95% de confianza.

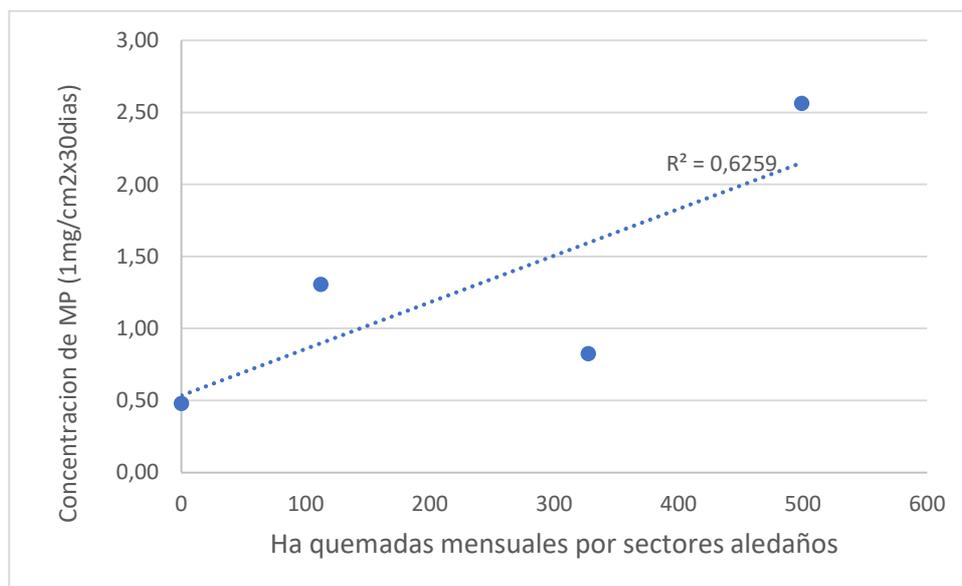
Sitio	N	Material Particulado (mg/cm <sup>2</sup> x 30 días)	Intervalo de Confianza 95%
A	4	0,48	0,05 - 0,91
B	4	1,31	0,81 – 1,80
C	4	2,56	0,00 – 6,45
D	4	0,83	0,37 – 1,28
<b>Promedio</b>	<b>16</b>	<b>1,30</b>	<b>0,38 – 2,21</b>

Según los resultados observados en la *Figura 6*, se evidenció que en las pruebas realizadas de regresión lineal dada entre la variable dependiente concentración y las variables independientes de cosecha y quemas mantienen una se obtuvo un valor de coeficiente de determinación  $R^2$  de 0,70 y el valor p de la regresión es de 0,16.



**Figura 6.** Regresión lineal entre las variables de concentración de partículas sedimentables y cosecha.

Para la regresión lineal que se dio con quemas mensuales por sectores, en la *Figura 7* el valor de coeficiente de determinación  $R^2$  es de 0,66, y el valor p de la regresión es de 0,18.



**Figura 7.** Regresión lineal entre las variables concentración de partículas sedimentables y hectáreas quemadas mensuales por sectores aledaños.

En el caso de la regresión lineal realizada para quemas totales en la *Figura 8*, el valor de coeficiente de determinación  $R^2$  es de 0,62, con un valor p de la regresión de 0,20, siendo el que obtuvo el valor que menos se acercó de ser significativo.



**Figura 8.** Regresión lineal entre las variables de concentración de partículas sedimentables y hectáreas quemadas totales.

### Discusión

La distribución y concentración del material particulado sedimentable de las zonas cercanas a la zona urbana del cantón La Troncal, algunas poseen ciertas particularidades, refiriéndose a los sitios B y C, ya que son sitios de espacios abiertos con una mayor amplitud que los demás sitios, y no hay estructuras cercanas considerables, inclusive se encuentran con una mayor cercanía de las fuentes de contaminación a diferencia de los otros sitios considerando que en estos dos sitios estadísticamente sus valores se encuentran entre el intervalo de (0,81-1,80) para el sitio B y para el sitio C entre el intervalo de (0,00 - 6,45), lo que refleja que al haber mucha variabilidad entre los valores mensuales existen momentos en que existe demasiado material particulado y otras ocasiones se mantiene por debajo del límite permisible.

Además, las gráficas obtenidas de la regresión lineal, entre las variables de cosecha, quemadas totales, quemadas mensuales por sector se puede apreciar a su vez en todas las pruebas que si existe una tendencia a incrementarse el nivel de concentración de las partículas sedimentables, en especial en el caso de cantidad que se cosecha que fue la que presento valores más altos que las otras variables, pero al estar los datos del valor p superiores a 0,05, si bien los resultados obtenidos en estos casos no son significativos y no hayan diferencias entre los promedios de todos los sitios, establecen que todas las variables presentan una relación directamente proporcional, siendo así un indicador que cuando existen quemadas, se libera material particulado que va aumentando mientras más se quema, lo que coincide con un estudio en Tailandia que al ser el cuarto mayor productor de caña de azúcar del mundo, expone que a medida que aumenta la producción de los cultivos, también lo hace la generación de sus residuos, y a su vez la quema de estos residuos provenientes de los cultivos, debido a que el manejo tradicional que les dan es quemarlos. (Ipsita, Varaprasad, Sukunya, Laixiang, & Bundit, 2020). De igual forma el estudio en Brasil que indica que el proceso de quema de biomasa en cañaverales es un factor que si influye en la calidad del aire a sectores próximos a los cultivos de caña de azúcar. (Cristale, Silva, Zocolo, & Rodrigues, 2012).

Por otra parte, esta investigación coincidió un estudio realizado de la evaluación de la contaminación atmosférica referente al material particulado sedimentable en Ambato, que los valores de las concentraciones de partículas sedimentables fueron inferiores al límite establecido por la normativa ecuatoriana, resaltando que no influye significativamente en la calidad del aire del lugar del muestreo, sin embargo, podría llegar a afectar a la salud de los ciudadanos debido a que superaría los niveles establecidos por la Organización Mundial de la Salud. (Villacrés, 2015)

Al mismo tiempo, otra investigación en Veracruz se refiere a la distribución del material particulado del área aledaña del Ingenio La Gloria y la quema de la caña de azúcar, menciona que se presenta altos niveles de concentración en los sitios más cercanos a las fuentes de emisión, siendo los sitios más alejados los que presentan bajos niveles en su concentración. (Castro, 2017)

Igualmente, otro estudio similar en el cantón La Troncal menciona que cuando se realiza la cosecha de la caña de azúcar, su incineración afecta al medio ambiente y a componentes ambientales como aire, suelo, agua y resalta que se debe a las labores de cosecha y postcosecha de los cultivos. (Macias & Cordero, 2009)

### *Limitaciones de estudio*

Una de las limitaciones de estudio en este caso fue el tamaño de la muestra, debido a que, al ser 4 sitios muestreados, los resultados de las pruebas estadísticas realizadas no indicaban que existe significancia.

Otra limitación sería el tamaño de la muestra por la cantidad de muestras que se realizó mensualmente (4), lo que para un análisis de regresión es muy limitado, debido a que no se pudo realizar en mayor cantidad de meses por que algunas coincidían en temporadas lluviosas y las muestras se descartaban por rebose de los colectores.

### **Conclusiones**

La concentración de material particulado sedimentable no se presentó por encima de los valores expuestos en la norma en la zona urbana del cantón, y la relación existente con la actividad agrícola referida a los cultivos de caña de azúcar es directamente proporcional, puesto que cuando aumenta la intensidad agrícola representada por cosechas o quemas cerca de la zona de influencia aumentaba la concentración del material particulado.

### **Referencias**

- American Society for Testing and Materials. (1989). *ASTM D 1739. Standard Test Method for Collection and Measurement of Dustfall (Settleable Particulate Matter)*. Philadelphia.
- Ballester, F. (2005). Contaminación atmosférica, cambio climático y salud. *Revista Española de Salud Pública*, 79(2). Obtenido de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1135-57272005000200005](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200005)
- Castro, G. (2017). *Determinacion y distribucion de metales pesados en el material particulado emitido por la quema de caña de azucar y el ingenio La Gloria, Veracruz*. Veracruz.
- CIMM. (1992). *Especificaciones tecnicas para implementacion de red de monitoreo de material particulado sedimentable en cuenca Rio Huasco*. Santiago.
- Cristale, J., Silva, F., Zocolo, G., & Rodrigues, M. R. (2012). Influence of sugarcane burning on indoor/outdoor PAH air pollution in Brazil. *Environmental Pollution*, 5-6. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.03.045>
- Eggleston, G., Legendre, B., & Richard, C. (2001). Effect of harvest method and storage time on sugarcane deterioration I: Cane quality changes. *International Sugar Journal*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/285808363\\_Effect\\_of\\_harvest\\_method\\_and\\_storage\\_time\\_on\\_sugarcane\\_deterioration\\_I\\_Cane\\_quality\\_changes](https://www.researchgate.net/publication/285808363_Effect_of_harvest_method_and_storage_time_on_sugarcane_deterioration_I_Cane_quality_changes)
- GAD Municipal La Troncal. (3 de Diciembre de 2020). *Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal La Troncal*. Obtenido de <http://www.latroncal.gob.ec/WEB17/VARIOS/CIUDAD.PHP>
- IDEAM. (Febrero de 2008). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*. Obtenido de

- <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>
- INHAMI. (2017). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Obtenido de [http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum\\_institucion/anuarios/meteorologicos/Am\\_2013.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf)
- Ipsita, K., Varaprasad, B., Sukunya, Y., Laixiang, S., & Bundit, F. (2020). Limiting rice and sugarcane residue burning in Thailand: Current status. *Journal of Environmental Management*, 6. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111228>
- Lodge, J. (Ed.). (1988). *Methods of Air Sampling and Analysis* (Tercera ed.). Routledge. doi:<https://doi.org/10.1201/9780203747407>
- Macias, A., & Cordero, C. (2009). *Identificación de impactos ambientales en las labores de cosecha y postcosecha, en la caña de azúcar en el cantón La Troncal, provincia del Cañar*. La Troncal.
- Sánchez Silva, M. &. (2014). Impacto Ambiental y Gestion del Riesgo de Ladrilleras en la vereda Los Gomez de Itagui. *Cuaderno Activa*, 5, 109-123. Obtenido de <https://fucsalud-ojs3.metabiblioteca.com.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/115>
- TULSMA. (2017). *Texto Unificado de Legislacion Secundaria de Medio Ambiente-Anexo 4-Norma de Calidad del Aire Ambiente*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>
- Vilaboa, I., & Barroso, L. (2013). Contaminación ambiental por quema de caña de azúcar: Un estudio exploratorio en la region central del estado de Veracruz. *Memoria de ponencias Think Green 2013: Crecimiento verde, retos y oportunidades para México*.
- Villacrés, M. (2015). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4855>