

Determinación de las concentraciones de material particulado orgánico volátil en el barrio la esperanza, ciudad de Riobamba, por incidencia de aserraderos

Recibido: 10 de Octubre 2021 / Aceptado: 05 de Diciembre 2021 / Publicado: 01 de Enero 2022

Sección: Ciencias de la Ingeniería

Artículo de Investigación Original

<https://doi.org/10.55204/trc.v2i1.20>

Determinación de las concentraciones de material particulado orgánico volátil por incidencia de aserraderos

Determination of the concentrations of volatile organic particulate material by incidence of sawmills

Guido Patricio Santillán Lima¹[0000-0003-0743-9107], Cristian Arturo Lara Basantes¹[0000-0003-2646-6821], Daniela Margoth Caichug Rivera²[0000-0002-9755-1508]

¹Carrera de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo, (060150), Riobamba, Ecuador, ²Universidad Agraria del Ecuador, ³CEDECOR (Centro de Estudio de Compuestos Orgánicos), Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Calle 115 y 47, (1900), La Plata, Argentina
¹psantillan@unach.edu.ec, ²clara@uagraria.edu.ec, ³danielarivera@quimica.exactas.unlp.edu.ec

Resumen. En las áreas urbanas aparece una excesiva presencia de aserraderos que no poseen la infraestructura ni los equipos de trabajo adecuados, estos generan al ambiente circundante polvos orgánicos menores a 10 μm (PM10); este tipo de material particulado está relacionado con diversos daños al sistema respiratorio. Esta investigación se realizó en el sector del barrio "La Esperanza" de la ciudad de Riobamba-Ecuador, con el propósito de evaluar el grado de contaminación por PMV y PMS, lo que ocasionó problemas de salud como irritación de nariz, garganta y bronquios en sus habitantes. Surge la necesidad de responder a la pregunta de investigación: ¿Como y en que concentraciones afecta el material particulado orgánico volátil producidos por los aserraderos a los habitantes vecinos? Los análisis para PMV se realizaron con el uso del equipo DustTrak™ II y el PMS se recolectó en cajas Petri mediante el método pasivo. Las mediciones registraron valores máximos de 42,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 35,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 29,83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y valores mínimos de 7,33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 8,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 4,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM10, PM4 y PM2,5, respectivamente; para PMS se analizaron 6 muestras, de las cuales la mayor concentración se encuentra en el redondel principal del sector con 1,36 $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$; superando los LMP establecidos por la legislación ecuatoriana y la OMS. Se analizó la morfología de las partículas sedimentadas en el MO, las cuales presentan formas irregulares, identificando fibras largas, cortas, planas, compactas y con desgarros. Finalmente se generó un mapa de dirección y velocidad del viento con los datos de las estaciones meteorológicas del INAMHI, mostrando la variación espacial del comportamiento del PMV de 2,5 μm , con una velocidad promedio de 1,3 m/s y una dirección NO.

Palabras Clave: Contaminación del aire, problemas respiratorios, estaciones meteorológicas, PMV, PMS, MO.

Abstract. In urban areas there is an excessive presence of sawmills that do not have adequate infrastructure or work equipment, they generate organic dust less than 10 μm (PM10) in the surrounding environment; This type of particulate matter is related to various damages to the respiratory system. This research was carried out in the sector of the "La Esperanza" neighborhood of the city of Riobamba-Ecuador, with the purpose of evaluating the degree of contamination by PMV and PMS, which caused health problems such as irritation of the nose, throat and bronchi in their inhabitants. The need arises to answer the research question: How and in what concentrations does the volatile organic particulate material produced by the sawmills affect the neighboring inhabitants? Analyzes for PMV were performed using the DustTrak™ II equipment and PMS was collected in Petri dishes using the passive method. The measurements recorded maximum values of 42.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 35.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 29.83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, and minimum values of 7.33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 8.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and 4.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. m^3 for PM10, PM4 and PM2.5, respectively; for PMS, 6 samples were analyzed, of which the highest concentration is found in the main roundabout of the sector with 1.36 $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{month}$; exceeding the LMP established by Ecuadorian legislation and the WHO. The morphology of the sedimented particles in the MO was analyzed, which have irregular shapes, identifying long, short, flat, compact and torn fibers. Finally, a map of wind direction and speed was generated with the data from the INAMHI meteorological stations, showing the spatial variation of the behavior of the PMV of 2.5 μm , with an average speed of 1.3 m/s and a NW direction.

Keywords: Air pollution, respiratory problems, weather stations, PMV, PMS, MO.

Como citar (APA): Santillán Lima, G. P., Lara Basantes, C. A., & Caichug Rivera, D. M. (2022). Determinación de las concentraciones de material particulado orgánico volátil en por incidencia de aserraderos. *Tesla Revista Científica*, 2(1). <https://doi.org/10.55204/trc.v2i1.20>



Los contenidos de este artículo están bajo una licencia de Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)
Los autores conservan los derechos morales y patrimoniales de sus obras.

Determinación de las concentraciones de material particulado orgánico volátil en el barrio la esperanza, ciudad de Riobamba, por incidencia de aserraderos

INTRODUCCIÓN

El estudio de carga de la enfermedad por factores ambientales que desarrolló la Organización Mundial de la Salud (OMS) estimó que incidentes como accidentes cerebrovasculares, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, asma en niños, cáncer de pulmón, enfermedad isquémica del corazón y enfermedades respiratorias de vías aéreas inferiores pueden ser atribuidos a la contaminación del aire, además menciona que el Material Particulado (PM) es considerado uno de los contaminantes atmosféricos más peligrosos en el mundo y la industria de la madera origina grandes transformaciones en el ambiente, al ser una de las actividades antrópicas que más emite este tipo de material hacia sus alrededores, es así que el deterioro de la calidad del aire en las ciudades, es un problema mundial que se incrementa con el crecimiento demográfico desordenado y sin la aplicación de un Plan de Ordenamiento Territorial adecuado para este tipo de actividad. (OMS, 2016)

El barrio “La Esperanza”, es un sector que como muchos otros barrios de la ciudad de Riobamba, han aumentado su población considerablemente, extendiéndose cada año, aún más, su zona urbana, como también la presencia de varios aserraderos en el sector; aserraderos que en su gran mayoría no poseen la infraestructura adecuada para su funcionamiento, ya que son a cielo abierto, ni tampoco la maquinaria adecuada, generando PM en varios procesos de transformación de la madera, a esto sumado el flujo vehicular, la dirección y velocidad del viento en el sector, provocan un verdadero problema para las personas.

La gran cantidad de aserraderos existentes (14 en total), en tan solo un tramo de la avenida principal (500 metros aproximadamente, por tal motivo, en este estudio se determinó las concentraciones de PMV de 10, 4 y 2,5 micrómetros, como también de Material Particulado Sedimentable (PMS), generado por la industria de la madera, y sus principales afectaciones a la salud de las personas que viven aledañas a esta actividad.

Generalidades de la Contaminación Atmosférica

Tanto los fenómenos naturales como las actividades humanas, provocan la emisión de contaminantes atmosféricos que modifican la calidad del aire. La transformación de la materia y las necesidades energéticas del hombre, producen la ruptura del equilibrio del aire, una

Determinación de las concentraciones de material particulado orgánico volátil en el barrio la esperanza, ciudad de Riobamba, por incidencia de aserraderos

mezcla de gases (nitrógeno, oxígeno, gases inertes, dióxido de carbono, metano e hidrógeno), constituyen la atmósfera terrestre y es esencial para la existencia de la vida en el planeta. Los efectos adversos de la deficiente calidad del aire sobre la salud humana son conocidos desde hace tiempo y se investigan cada vez más por ser una de las cuestiones clave en salud pública (Kampa & Castanas, 2008).

La determinación del PMV, se lo realizó con el equipo DustTrak II, y a su vez se analizó de forma cualitativa las partículas sedimentables de madera en el Microscopio Óptico (MO). La información se recopiló de las estaciones de monitoreo establecidas dentro del barrio en mención, en el periodo octubre-noviembre de 2017. Estudio que permite dar una idea más clara de la contaminación atmosférica que provoca la presencia de PMV y PMS, por actividades antrópicas en zonas urbanas de la ciudad, siendo un punto de partida para próximas investigaciones a realizarse.

Material Particulado (PM)

El material particulado aerotransportado, está compuesto de partículas sólidas y líquidas, suspendidas y dispersas en el aire. Se han clasificado en términos de diámetro aerodinámico, porque presentan diferente tamaño y forma, por ello, se agrupan en finas y gruesas. Las partículas finas, son aquellas que tienen un diámetro menor o igual a 2,5 μm , PM_{2,5} y las partículas cuyo diámetro se centra alrededor de las 10 μm , PM₁₀, se las denomina gruesas (Sánchez, 2016).

Material Particulado Atmosférico

Se entiende como material particulado atmosférico (PM por sus siglas en inglés) a una mezcla de partículas sólidas y/o líquidas (excepto el agua pura) presentes en suspensión en la atmósfera, las cuales varían en tamaño, forma, área superficial, composición química, solubilidad y origen (Dockery y Pope III, 2006) citado por Castelar Ulfe, G. A. (2019). Algunas de estas partículas son lo suficientemente grandes u oscuras como para ser vistas por el ojo humano como los granos de arena, partículas de hollín o el humo del cigarro, otras no, por lo que es necesario el uso de un soporte técnico como un microscopio electrónico. Asimismo, las pruebas epidemiológicas evidencian efectos adversos en la salud debido a una exposición prolongada del material particulado, esto debido a su tamaño; mientras menor sea su diámetro mayor será su daño sobre la salud, se precisó que las partículas finas (PM_{2,5})

Determinación de las concentraciones de material particulado orgánico volátil en el barrio la esperanza, ciudad de Riobamba, por incidencia de aserraderos

pueden penetrar el sistema respiratorio hasta los alveolos pulmonares, atravesando su pared celular directamente hasta el torrente sanguíneo (Ministerio del medio ambiente, 2016).

El material particulado del polvo de madera

Comprende una mezcla compleja de celulosa, fundamentalmente poliosas y lignina. (Gómez & Cremades, 2010). Dependiendo de esta composición, las enfermedades susceptibles de poder producirse por la exposición a polvo de madera, son muy diversas: asma, bronquitis crónica, enfisema pulmonar, cáncer nasal, etc. La exposición prolongada al polvo de madera, produce efectos sobre la salud de las personas, generada principalmente por vía respiratoria, esta peligrosidad está relacionada con su capacidad de ingresar en los pulmones, alojándose allí, dañando los tejidos e incrementando el riesgo de muerte por causas cardiopulmonares por lo que ha sido asociada con varios tipos de cáncer, incluyendo el de cavidad nasal, tracto gastrointestinal y la enfermedad de Hodgkin.

La determinación del PMV, se lo realizó con el equipo DustTrak II, y a su vez se analizó de forma cualitativa las partículas sedimentables de madera en el Microscopio Óptico (MO). La información se recopiló de las estaciones de monitoreo establecidas dentro del barrio en mención, en el periodo octubre-noviembre de 2017. Estudio que permite dar una idea más clara de la contaminación atmosférica que provoca la presencia de PMV y PMS, por actividades antrópicas en zonas urbanas de la ciudad, siendo un punto de partida para próximas investigaciones a realizarse.

MÉTODOLOGÍA

Se empezó analizando el área de estudio en este caso el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, ubicada en la región sierra centro del Ecuador, a 2850 msnm ; cuenta con un clima frío característico de las ciudades de esta zona sus características son: La temperatura ambiente media registrada durante todo el año, es de 13.4 °C. La humedad relativa en la zona, es de 63,1%. La velocidad del viento, es de 2.1 m/s. Precipitación atmosférica de 564.5 mm. Presión atmosférica de 548.3 mmHg. Geográficamente se encuentra en las coordenadas: (Latitud: 1°38'51" S, Longitud: 78°40'59" W) (INAMHI, 2014)

Después se tomó puntos GPS para lo cual se recomienda que el cielo este lo más despejado posible, debido a que mientras más nublado se encuentre encima de nuestra área de estudio, más grande será el error emitido en metros por el GPS. Una vez caracterizados los

Determinación de las concentraciones de material particulado orgánico volátil en el barrio la esperanza, ciudad de Riobamba, por incidencia de aserraderos

puntos más conocidos como focos de contaminación (aserraderos), determinamos un perímetro donde estén enmarcados todos los puntos contaminantes.

Ubicación e implantación de los equipos de medición para PMS

Tomando las consideraciones que aplican Marcos & Valderrama como: El lugar de emplazamiento de cada estación debe de estar libre de obstáculos (edificaciones en el entorno inmediato, de áreas con árboles, de tendaderos), u otras fuentes de contaminación que puedan ocasionar perturbaciones serias de los valores obtenidos, para lo cual se dividió toda el área de estudio en 6 zonas , colocando un total de 6 equipos; 1 equipo por cada zona, con la finalidad de realizar un monitoreo lo más ordenado posible y poder obtener mejores resultados que reflejen la realidad que vive el barrio “La Esperanza”. Luego procedemos a aplicar el método pasivo empleado por (Almirón, Dalmaso, & Llera, 2008), que consiste en colocar una caja petri con papel filtro previamente pesado y determinada su área, en cada equipo de medición (puntos de monitoreo) de PMS, establecidos dentro del área de estudio donde permanecieron durante un mes. De acuerdo con (Santillán Lima, Damián Carrión, Rodríguez Llerena, Cargua Catagña, & Torres Barahona, 2016), los equipos fueron ubicados en lugares con mayor probabilidad de receptor PMS.

Monitoreo PMS

Para PMS, el monitoreo fue de un mes completo (23 de octubre al 22 de noviembre del 2017), de acuerdo al TULSMA LIBRO VI, la cual nos menciona que para obtener una muestra, debe ser colectada durante 30 días de forma continua, la muestra máxima permitida será de un miligramo por centímetro cuadrado, por treinta días ($1 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ d}$). Una vez finiquitado el muestreo, los papeles filtro fueron llevados a la estufa para eliminar la humedad adquirida por efectos del ambiente, donde se sometió a una temperatura de 50°C durante al menos 24h (Santillán et al., 2016), posteriormente se pesó nuevamente cada papel filtro en la balanza analítica SARTORIUS, modelo BP221S, de precisión 0,0001 g.

Monitoreo de Material Particulado Volátil (PMV)

La mediciones se llevaron a cabo aleatoriamente en diferentes puntos de cada zona del área de estudio, durante 3 semanas, todos los días (23 de octubre al 10 de noviembre del 2017), exceptuando los fines de semana y feriado, en horas pico de 07h00, 12h00 y 15h00; el monitoreo y la cuantificación de PMV se lo realizó con el equipo DustTrak™ II, el cual puede medir simultáneamente fracciones de masa y tamaño, este equipo posee un fotómetro láser de

<https://tesla.puertomaderoeditorial.com.ar/>

Determinación de las concentraciones de material particulado orgánico volátil en el barrio la esperanza, ciudad de Riohamba, por incidencia de aserraderos

dispersión de luz con registro de datos alimentados por baterías capaces de ofrecer lecturas de masa de PMV, en tiempo real, el mismo que utiliza un sistema de aire de vaina que aísla el PMV, en la cámara óptica, para mantenerla limpia, asegurar una mayor fiabilidad y garantizar un mantenimiento mínimo (TSI, 2013). El procedimiento fue el siguiente:

1. Se procede a corroborar, encender y ejecutar la calibración del equipo (ZERO CAL), con el filtro 0 μm , esto se debe realizar antes de cada una de las lecturas con los diferentes filtros
2. Terminada su calibración se coloca el filtro de 10 μm , luego el de 4 μm y 2,5 μm
3. Se inicia la recolección de PM, el mismo que dura 2 minutos por muestra
4. Arrojan los datos en (mg/m^3), los cuales se transforman a μm
5. La toma de lecturas con el equipo DustTrak™ II, inicia al instante de que el material particulado empieza a disgregarse por el aire (Santillán et al., 2016).

Análisis cualitativo con el Microscopio Óptico (MO)

Llevamos al laboratorio de microscopia el PM, recogido en cada uno de los papeles filtros y con la ayuda de un pincel, es levantado y colocado sobre un portaobjetos limpio (asegurándose que la muestra a observar es representativa del material) sobre el cual se deposita una gota de azul de metileno y finalmente un cubreobjetos, esto se lo realiza para los 6 papeles filtro. Las muestras están preparadas y listas para su análisis en el MO, a una resolución de 40x y 100x, siendo necesario en el último lente objetivo, el uso del aceite de inmersión.

RESULTADOS

Material Particulado Volátil (PMV)

Los valores de concentración fueron obtenidos por el equipo DustTrak™ II del PMV de 2,5 μm , 4 μm y 10 μm , en el periodo octubre-noviembre de 2017 (23 de octubre al 10 de noviembre), para lo cual se dividió el área de estudio en 6 Zonas, con el objetivo de monitorear lo más ordenado posible y poder obtener mejores resultados que reflejen la realidad que vive el sector, los resultados se presentan en las tablas 4,5 y 6, respectivamente.

Tabla 1: Datos de PM 2,5 μm , en cada zona a diferente horario

PM 2,5 μm ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)																		
	Zona 1			Zona 2			Zona 3			Zona 4			Zona 5			Zona 6		
Día	07H00	12H00	15H00	07H00	12H00	15H00	07H00	12H00	15H00	07H00	12H00	15H00	07H00	12H00	15H00	07H00	12H00	15H00
1	29	50	4	4	3	3	9	14	2	28	10	7	23	20	2	27	23	12
2	19	28	27	4	4	5	6	16	8	12	8	6	2	21	2	8	11	8
3	5	16	12	3	5	12	2	49	18	3	13	9	8	23	10	7	2	6

Determinación de las concentraciones de material particulado orgánico volátil en el barrio la esperanza, ciudad de Riobamba, por incidencia de aserraderos

4	7	17	21	3	8	4	10	13	4	2	9	7	5	24	6	9	5	8
5	12	50	18	9	7	9	10	17	5	10	48	14	5	50	12	11	7	6
6	28	42	9	13	19	16	5	19	4	10	32	11	12	22	13	22	8	8
7	5	32	27	12	20	3	6	20	2	2	12	8	9	23	14	9	22	4
8	5	41	12	6	11	7	5	13	10	2	9	9	5	24	5	8	13	4
9	21	50	14	24	14	4	8	16	9	10	20	11	15	20	12	11	11	14
10	20	49	6	10	3	2	4	49	5	8	5	5	13	21	6	7	8	8
11	10	38	17	10	12	12	9	14	2	12	11	5	9	24	5	10	5	4
12	20	50	15	5	26	16	3	12	5	5	6	8	9	19	10	9	5	5
13	9	48	15	8	9	8	8	18	8	6	29	12	5	22	9	10	10	5

Tabla 2: Datos de PM 4 µm, en cada zona a diferente horario

Día	Zona 1			Zona 2			Zona 3			Zona 4			Zona 5			Zona 6		
	07H00	12H00	15H00	07H00	12H00	15H00	07H00	12H00	15H00	07H00	12H00	15H00	07H00	12H00	15H00	07H00	12H00	15H00
1	35	67	13	5	14	14	5	19	12	12	22	8	13	25	7	14	15	18
2	14	34	18	6	5	4	11	18	8	7	15	7	8	13	8	35	16	7
3	7	41	10	4	36	9	5	55	9	34	11	10	30	60	24	12	10	9
4	9	65	22	4	14	20	15	11	28	8	5	8	9	25	8	11	11	7
5	9	23	9	13	16	12	9	12	10	34	10	9	10	16	19	13	29	14
6	37	67	17	3	14	20	10	65	5	9	12	19	9	12	12	17	19	18
7	9	45	22	7	5	5	10	19	28	9	49	9	30	10	15	12	15	6
8	15	11	11	5	36	10	7	14	8	15	22	10	8	60	6	10	16	15
9	23	19	35	9	25	3	7	24	11	11	19	9	10	20	13	12	13	10
10	37	30	10	9	17	25	15	12	12	11	9	19	10	25	24	12	12	10
11	18	21	15	13	10	5	9	65	9	10	10	9	15	15	5	35	17	15
12	13	27	12	3	7	25	7	10	12	9	11	7	11	17	19	17	29	13
13	12	66	35	9	9	11	6	12	9	10	49	10	7	13	16	12	11	8

Tabla 3: Datos de PM 10 µm, en cada zona a diferente horario

Día	Zona 1			Zona 2			Zona 3			Zona 4			Zona 5			Zona 6		
	07H00	12H00	15H00	07H00	12H00	15H00	07H00	12H00	15H00	07H00	12H00	15H00	07H00	12H00	15H00	07H00	12H00	15H00
1	15	79	7	5	12	15	3	2	4	12	7	8	2	8	9	7	17	6
2	11	62	43	19	3	10	5	22	7	7	6	5	36	7	8	9	12	2
3	12	15	15	5	12	32	19	72	17	10	15	25	4	30	29	4	16	22
4	20	16	28	6	42	6	3	8	35	40	16	9	12	21	7	15	9	5
5	13	82	20	14	34	7	8	13	8	2	55	10	12	64	19	6	8	8
6	45	55	5	12	32	30	19	42	2	12	12	10	19	9	8	40	35	22
7	10	29	12	8	5	11	7	16	35	12	45	14	3	8	29	9	17	8
8	11	42	15	7	10	9	11	72	11	4	10	25	12	7	5	18	15	7
9	43	39	12	19	17	8	12	20	10	14	55	14	19	18	14	14	35	16
10	45	50	5	7	5	32	6	55	9	30	17	2	36	57	11	8	7	2
11	13	47	43	5	42	12	5	9	17	40	39	10	5	6	12	40	10	7
12	11	82	8	6	15	9	5	17	29	7	14	7	18	64	5	10	5	7
13	10	79	18	11	22	11	10	13	10	3	12	11	12	18	12	12	12	8

Elaborado por: Los Autores

Concentración de PMV en el Barrio “La Esperanza”

Con los datos anteriores, se obtiene un promedio diario de las 6 zonas, de todos los días, de cada hora de monitoreo del periodo octubre-noviembre, para PM_{2,5}, PM₄ y PM₁₀,

<https://tesla.puertomaderoeditorial.com.ar/>

Determinación de las concentraciones de material particulado orgánico volátil en el barrio la esperanza, ciudad de Riobamba, por incidencia de aserraderos

dándonos los siguientes resultados y comparándolos con los LMP de la OMS y la legislación ecuatoriana, para los 2 minutos de muestreo que se realizó.

Tabla 4: Concentraciones de PM_{2,5} (µg/m³), en el barrio "La Esperanza" y su comparación con los LMP de la OMS y TULSMA

Día	07H00	Permisible para la OMS (0,03 µg/m ³)	Permisible para el TULSMA (0,09 µg/m ³)	12H00	Permisible para la OMS (0,03 µg/m ³)	Permisible para el TULSMA (0,09 µg/m ³)	15H00	Permisible para la OMS (0,03 µg/m ³)	Permisible para el TULSMA (0,09 µg/m ³)
1	20,00	NO	NO	20,00	NO	NO	5,00	NO	NO
2	8,50	NO	NO	14,67	NO	NO	9,33	NO	NO
3	4,67	NO	NO	18,00	NO	NO	11,17	NO	NO
4	6,00	NO	NO	12,67	NO	NO	8,33	NO	NO
5	9,50	NO	NO	29,83	NO	NO	10,67	NO	NO
6	15,00	NO	NO	23,67	NO	NO	10,17	NO	NO
7	7,17	NO	NO	21,50	NO	NO	9,67	NO	NO
8	5,17	NO	NO	18,50	NO	NO	7,83	NO	NO
9	14,83	NO	NO	21,83	NO	NO	10,67	NO	NO
10	10,33	NO	NO	22,50	NO	NO	5,33	NO	NO
11	10,00	NO	NO	17,33	NO	NO	7,50	NO	NO
12	8,50	NO	NO	19,67	NO	NO	9,83	NO	NO
13	7,67	NO	NO	22,67	NO	NO	9,50	NO	NO

Elaborado por: Los Autores

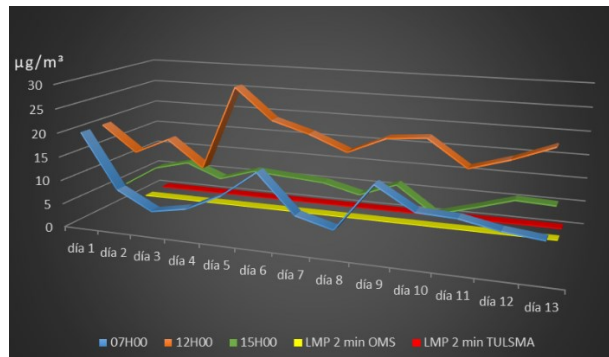


Figura 1: Comparación de valores de PM_{2,5} con los LMP de la OMS y TULSMA

Elaborado por: Los Autores

Tabla 5: Concentraciones de PM₄ (µg/m³), en el barrio "La Esperanza" y su comparación con los LMP de la OMS y TULSMA

Día	07H00	Permisible para la OMS (0,04 µg/m ³)	Permisible para el TULSMA (0,11 µg/m ³)	12H00	Permisible para la OMS (0,04 µg/m ³)	Permisible para el TULSMA (0,11 µg/m ³)	15H00	Permisible para la OMS (0,04 µg/m ³)	Permisible para el TULSMA (0,11 µg/m ³)
1	14,00	NO	NO	27,00	NO	NO	12,00	NO	NO
2	13,50	NO	NO	16,83	NO	NO	8,67	NO	NO
3	15,33	NO	NO	35,50	NO	NO	11,83	NO	NO
4	9,33	NO	NO	21,83	NO	NO	15,50	NO	NO
5	14,67	NO	NO	17,67	NO	NO	12,17	NO	NO
6	14,17	NO	NO	31,50	NO	NO	15,17	NO	NO
7	12,83	NO	NO	23,83	NO	NO	14,17	NO	NO

Determinación de las concentraciones de material particulado orgánico volátil en el barrio la esperanza, ciudad de Riobamba, por incidencia de aserraderos

8	10,00	NO	NO	26,50	NO	NO	10,00	NO	NO
9	12,00	NO	NO	20,00	NO	NO	13,50	NO	NO
10	15,67	NO	NO	17,50	NO	NO	16,67	NO	NO
11	16,67	NO	NO	23,00	NO	NO	9,67	NO	NO
12	10,00	NO	NO	16,83	NO	NO	14,67	NO	NO
13	9,33	NO	NO	26,67	NO	NO	14,83	NO	NO

Elaborado por: Los Autores

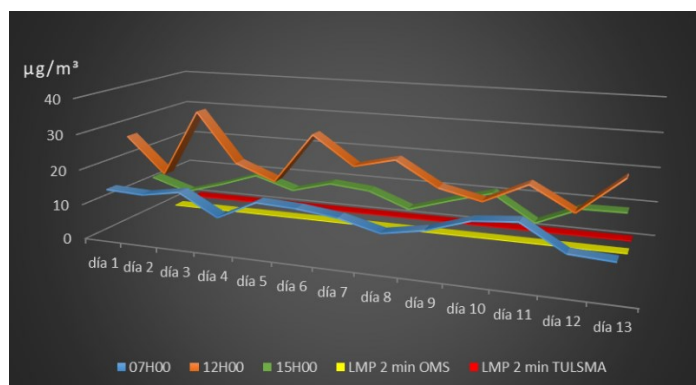


Figura 2 : Comparación de valores de PM_4 , con los LMP de la OMS y TULSMA

Elaborado por: Los Autores

Tabla 6: Concentraciones de PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), en el barrio "La Esperanza" y su comparación con los LMP de la OMS y TULSMA

Día	07H00	Permisible	Permisible	12H00	Permisible	Permisible	15H00	Permisible	Permisible
1	7,33	NO	NO	20,83	NO	NO	8,17	NO	NO
2	14,50	NO	NO	18,67	NO	NO	12,50	NO	NO
3	9,00	NO	NO	26,67	NO	NO	23,33	NO	NO
4	16,00	NO	NO	18,67	NO	NO	15,00	NO	NO
5	9,17	NO	NO	42,67	NO	NO	12,00	NO	NO
6	24,50	NO	NO	30,83	NO	NO	12,83	NO	NO
7	8,17	NO	NO	20,00	NO	NO	18,17	NO	NO
8	10,50	NO	NO	26,00	NO	NO	12,00	NO	NO
9	20,17	NO	NO	30,67	NO	NO	12,33	NO	NO
10	22,00	NO	NO	31,83	NO	NO	10,17	NO	NO
11	18,00	NO	NO	25,50	NO	NO	16,83	NO	NO
12	9,50	NO	NO	32,83	NO	NO	10,83	NO	NO
13	9,67	NO	NO	26,00	NO	NO	11,67	NO	NO

Elaborado por: Los Autores

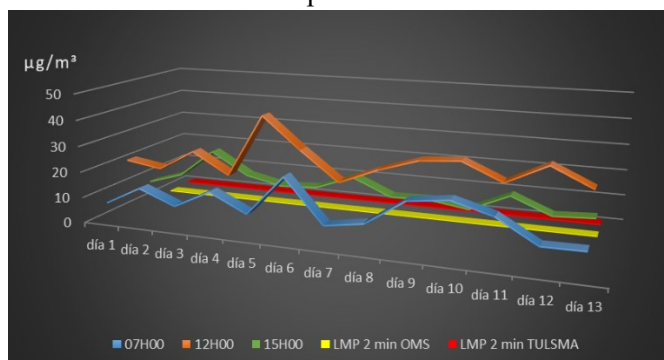


Figura 3: Comparación de valores de PM_{10} , con los LMP de la OMS y TULSMA

Elaborado por: Los Autores

Determinación de las concentraciones de material particulado orgánico volátil en el barrio la esperanza, ciudad de Riobamba, por incidencia de aserraderos

Análisis estadístico descriptivo

Para el análisis estadístico descriptivo, se trabajó con el Software Minitab 18 Statistical, utilizando las herramientas de estadísticas básicas, como la media, el error estándar de la media, la desviación estándar, la varianza, el mínimo, el primer cuartil, la mediana, el tercer cuartil, el máximo y el rango, y para las gráficas se utilizaron las de caja.

Material Particulado Volátil 2,5 μm ($PM_{2,5}$)

Con los valores obtenidos para $PM_{2,5}$ μm , en el barrio “La Esperanza”, se determinó un valor medio para las 07h00, 12h00 y 15h00, de 9,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 20,22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 8,85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente; el valor máximo que se registra en el sector es de 29,83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y un valor mínimo de 4,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, el rango que estableció el análisis estadístico es de 15,33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 17,16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 6,17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, correspondiente para cada una de las horas. Para el filtro 2,5 μm , en los 2 minutos de muestreo que se realizó, se obtuvo un LMP de 0,09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con respecto a la legislación ecuatoriana y un LMP de 0,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para la OMS; de acuerdo con lo mencionado, los valores registrados exceden las normas permisibles.

Material Particulado Volátil 4 μm (PM_4)

Para PM_4 , se tuvo un valor medio de 12,89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 23,44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 12,99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para las 07h00, 12h00 y 15h00; el valor máximo registrado fue de 35,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el valor mínimo de 8,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, el rango establecido es de 7,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 18,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para cada una de las horas.

Los resultados para PM_4 , superan los límites máximos permisibles, ya que se establece una media diaria de 82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para la norma ecuatoriana y 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para la OMS; el LMP, determinado para el filtro de 4 μm , en los 2 minutos de muestreo, es de 0,11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con respecto a la legislación del Ecuador y de 0,04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de acuerdo con la OMS, los valores encontrados sobrepasan los LMP.

Material Particulado Volátil 10 μm (PM_{10})

Para PM_{10} , se registró un valor medio de 13,73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 27,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 13,53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para las 07h00, 12h00 y 15h00, respectivamente; el valor máximo fue de 42,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y un mínimo de 7,33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con un rango de 17,17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 15,16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ correspondiente para cada hora. En la legislación ecuatoriana y en la OMS, se establece una media diaria de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM_{10} , respectivamente; en los 2 minutos de monitoreo se obtuvo un

Determinación de las concentraciones de material particulado orgánico volátil en el barrio la esperanza, ciudad de Riobamba, por incidencia de aserraderos

LMP de $0,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $0,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para cada norma, los valores registrados sobrepasan las concentraciones permitidas.

Material Particulado Sedimentable (PMS)

Tabla 1: Resultados de las concentraciones de material particulado sedimentable

Equipo	Ubicación geográfica	Peso Inicial Papel mg	Peso Final Papel mg	PMS (mg/cm ² /mes)
1	762367,271 9815951,529	456	535,1	1,36
2	762495,950 9816045,758	455,5	503,7	0,83
3	762227,447 9816029,547	455,8	517,2	1,06
4	762361,192 9816126,816	458,4	501,9	0,75
5	762062,292 9816109,591	458,9	521,5	1,08
6	762196,037 9816195,715	453,5	499,1	0,79

Elaborado por: Los Autores

Caracterización morfológica del PMS

Las partículas sedimentadas en el papel filtro, fueron analizadas morfológicamente con el uso del microscopio óptico; donde se tomaron imágenes a 100x y 40x, se pudo identificar la forma y el tamaño de las partículas sedimentadas de madera.

Imágenes obtenidas del Microscopio Óptico (MO)

Papel filtro 1

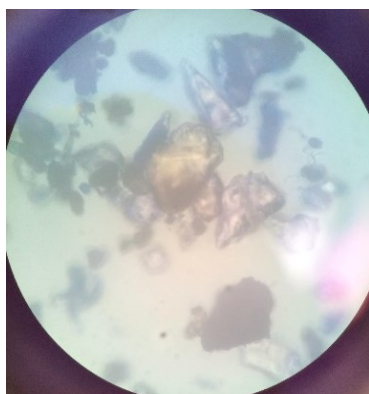


Figura 4: Filtro 4, PM observado a 40X **Figura 5:** Filtro 4, PM observado a 100X

Determinación de las concentraciones de material particulado orgánico volátil en el barrio la esperanza, ciudad de Riobamba, por incidencia de aserraderos

Papel filtro 2

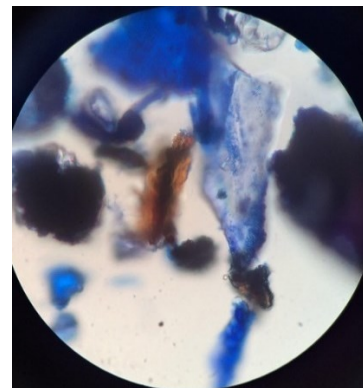
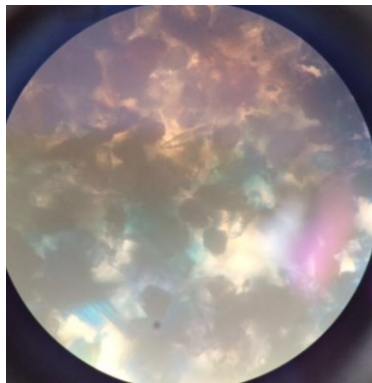


Figura 6: Filtro 6, PM observado a 40X **Figura 7:** Filtro 6, PM observado a 100X

Fuente: UNACH. Laboratorio de microscopia

En cada imagen obtenida del MO, podemos observar claramente tres grupos de partículas en los que se puede clasificar el PM, estos grupos son: Partículas orgánicas (madera), partículas de residuos de combustión y partículas minerales; las partículas de madera se identifican con más claridad en las imágenes de 100x, donde nos permite apreciar una gran variedad de partículas irregulares en la muestra: Fibras cortas, fibras con desgarros en gajos o individuales, fibras largas e irregulares, encintadas y con desgarró, lo que es característico de las coníferas (maderas blandas); además, en menor proporción, se observan fibras cortas, planas y compactas, lo que es característico de las fibras latifoliadas (maderas duras).

Los propietarios de cada aserradero ubicado dentro del área de estudio, manifestaron que las especies de madera más utilizadas en sus actividades, son el Pino (*Pinus Radiata D.Don*) y el Eucalipto (*Eucalyptus Grandis*), y en muy pocas veces el Nogal (*Juglans neotropica Diels*), las dos primeras especies se consideran maderas blandas, mientras que la última pertenece al grupo de las maderas duras.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el barrio “La Esperanza”, nos revelan que las concentraciones de PMV durante los 2 minutos de muestreo, superan los LMP, tanto de la legislación ecuatoriana, como de la OMS, llegando a alcanzar valores máximos de hasta 29,83

Determinación de las concentraciones de material particulado orgánico volátil en el barrio la esperanza, ciudad de Riobamba, por incidencia de aserraderos

$\mu\text{g}/\text{m}^3$, $35,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $42,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $\text{PM}_{2,5}$, PM_4 y PM_{10} , respectivamente, siendo las 12h00, la hora pico para dichos niveles.

Con respecto a las elevadas concentraciones alcanzadas de PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$, durante el periodo de monitoreo, podemos señalar varios motivos, como el escaso control a la industria maderera en el sector; todos los aserraderos carecen de una infraestructura apropiada para su funcionamiento, la mayoría son a cielo abierto, sumado a esto, la inexistencia de equipos de trabajo adecuados, hacen que este sector de la ciudad de Riobamba, realmente posea una contaminación atmosférica preocupante, presentándose varios problemas de salud en los moradores, como vista y garganta irritada.

El MO, nos proporcionó imágenes de la forma irregular de las partículas, identificando fibras largas, cortas y con desgarros, característico de las maderas blandas (coníferas); además, en menor proporción, se observaron, fibras planas y compactas, lo que es característico de las maderas duras (latifoliadas), resultados relevantes, debido a que estas partículas se alojan en varias partes del aparato respiratorio, causando daños en la salud de los moradores del sector.

REFERENCIAS

- A Almirón, M., Dalmaso, A., & Llera, J. (2008). "Uso de *Larrea Cuneifolia* Cav. y *Zuccagnia Punctata* Cav. en la evaluación del material particulado sedimentable en una calera de los Berros-San Juan-Argentina". *SciELO*, 1(17), 29-38.
- Ariete, N. (2010). *Caracterización de madera de Pinus radiata D. Don sometido a un proceso de modificación térmica usando un ambiente de inmersión*. Valdivia.
- Castelar Ulfe, G. A. (2019). Comparación entre tres muestreadores de material particulado ($\text{PM}_{2.5}$), en el campus de la UNALM.
- Dockery, D., & Pope III, C. (2006). Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 56, 709-742.
- Gómez, M., & Cremades, L. (2010). *Análisis de la Incidencia de Patologías Respiratorias por Exposición al Polvo de Madera en los Carpinteros del Quindío (Colombia) Ciencia y Trabajo*. Quindío, Colombia.

Determinación de las concentraciones de material particulado orgánico volátil en el barrio la esperanza, ciudad de Riobamba, por incidencia de aserraderos

- González Velandia, K. D., Daza Rey, D., Caballero Amado, P. A., & Chadae Martínez, G. (2016). Evaluación de las propiedades físicas y químicas de residuos sólidos orgánicos a emplearse en la elaboración de papel. *Luna Azul*, (43), 499-517.
- INAMHI. (2014). ANUARIO CLIMATOLOGICO. Riobamba. Obtenido de <https://www.esPOCH.edu.ec/index.php/component/k2/item/650.html>
- Kampa, M., & Castanas, E. (2008). Human health effects of air pollution. *Environmental pollution*, 151(2), 362-367.
- Marcos, R., & Valderrama, R. (2012). CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR MATERIAL PARTICULADO EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA-UNMSM. *Centro de Desarrollo E Investigación En Termofluidos (CEDIT) Departamento de Ingeniería Mecánica de Fluidos (DAIMF)*, 14.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2016). Guía de calidad del aire y educación ambiental. Obtenido de <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/08/Guia-paraDocentes-Sobre-Calidad-del-Aire-003.pdf>
- OMS. (2005). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Recuperado de: https://www.who.int/phe/health_topics/AQG_spanish.pdf
- Sánchez, C. (2016). Material Particulado y su incidencia en la salud de los trabajadores en la Empresa de Calzado CM Original. Ambato. Obtenido de http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24456/1/Tesis_t1178mshi.pdf.
- Santillán Lima, G. P., Damián Carrión, D. A., Rodríguez Llerena, M. V., Cargua Catagña, F. E., & Torres Barahona, S. M. (2016). Estimación del grado de contaminación de material particulado atmosférico y sedimentable en el laboratorio de servicios ambientales de la UNACH. *Perfiles*, 2(16), 8.
- TSI. (2013). I. Monitor de aerosoles dusttrak™. [Internet]. Obtenido de www.tsi.com
- Urrelo, D., Leal, L., & Bozo, C. (2016). Chemical content of the wood of *tabebuia impetiginosa* (mart. ex dc) standley from rural community ocho hermanos, municipality el Carmen Rivero Torrez, department of Santa Cruz. *Revista Boliviana de Química*, 33(3).

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los Autores declaran que no existe conflicto de intereses

Determinación de las concentraciones de material particulado orgánico volátil en el barrio la esperanza, ciudad de Riobamba, por incidencia de aserraderos

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Autor	Santillán Lima, G. P., Lara Basantes, C. A.,	Caichug Rivera, D. M..
Participar activamente en:		
Planificación y diseño	X	
Adquisición de fondos	X	
Administración del proyecto	X	
Redacción –borrador original		X
Redacción –revisión y edición	X	X
Interpretación y validación de resultados	X	X
La discusión de los resultados	X	X
Revisión y aprobación de la versión final del trabajo.	X	X

RECONOCIMIENTO A REVISORES:

La revista reconoce el tiempo y esfuerzo del editor Alex Vinicio Gavilanes Montoya, y de revisores anónimos que dedicaron su tiempo y esfuerzo en la evaluación y mejoramiento del presente artículo.