

**DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE PLOMO CONTENIDOS
EN EL MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE Y CORRELACIÓN CON LAS
CONCENTRACIONES DE BIOAEROSOLES EN LAS LOCALIDADES DE LOS
MÁRTIRES Y CIUDAD BOLÍVAR EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.**

**Ferney Alejandro Álvarez Torres
Laura Camila Cajigas Pesca**

**Universidad Santo Tomás
Facultad de Ingeniería Ambiental
Bogotá D.C.
2018**

**DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE PLOMO CONTENIDOS
EN EL MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE Y CORRELACIÓN CON LAS
CONCENTRACIONES DE BIOAEROSOLES EN LA LOCALIDADES DE LOS
MÁRTIRES Y CIUDAD BOLÍVAR EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.**

**Ferney Alejandro Álvarez Torres
Laura Camila Cajigas Pesca**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de:
Ingeniero Ambiental

Director (a):
Ing. Johan Alexander Álvarez Berrio
Magister en Toxicología

Codirector (a):
Ing. Gabriel Herrera Torres
Magister en Ingeniería Ambiental

Línea de Investigación:
Salud Ambiental

**Universidad Santo Tomás
Facultad de Ingeniería Ambiental
Bogotá D.C.
2018**

Nota de aceptación

Firma de Director

Firma Jurado

Firma Jurado

Bogotá D.C., 18 de septiembre de 2019

Dedico esta tesis a la memoria de mi abuelo Héctor Julio, quien me dio conocimiento valioso cada día de mi vida; a mi abuela Margarita que siempre tiene una palabra de aliento y apoyo; a mis papás por su amor y paciencia.

Laura Camila Cajigas Pesca

Esta tesis está dedicada a mis abuelos Alicia Zamora y Elías Torres y a la memoria de mi tía abuela Araceli Zamora, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido tener un hogar cálido el cual durante varios años me facilitó mi desarrollo como persona y profesional, compartiendo su fuerza y su fe durante el desarrollo de esta investigación.

Asimismo, es dedicada a mis padres Ferney Álvarez y Yazmín Torres, quienes a pesar de sus diferencias decidieron dejarlas a un lado y me dieron su apoyo, amor y motivación incondicional, gracias por creer y confiar en mí, los amo.
“Dejemos que el pasado sea el pasado”.
-Homero

Ferney Alejandro Álvarez Torres

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias, quienes desinteresadamente nos acompañan constantemente en este proceso de aprendizaje, gracias por confiar en nosotros.

A la Universidad Santo Tomás, por los valores inculcados como personas y profesionales, además de sus instalaciones y equipos para el desarrollo de esta tesis.

A nuestros docentes, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión.

Al Magister Johan Álvarez nuestro tutor, quien nos guió en todo este largo camino.

A la Universidad de La Salle, por permitirnos hacer uso de sus equipos.

Al Magister Gabriel Herrera, por su colaboración y pertinente explicación.

Al Magister Rafael Barragán, por su tiempo, constante ayuda y excelente disposición siempre.

A los Colegio Cofraternidad y San José por permitirnos ingresar a sus instalaciones.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	3
INTRODUCCIÓN.....	15
1. OBJETIVOS.....	17
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
2. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. METALES PESADOS.....	18
2.1.1. Implicaciones o posibles efectos en el medio ambiente.....	18
2.1.2. Metales tóxicos con efectos adversos a la salud.....	18
2.2. PLOMO.....	18
2.2.1. Toxicocinética.....	19
2.2.2. Toxicodinamia.....	20
2.3. CONTAMINANTES BIOLÓGICOS.....	20
2.3.1. Tipos e implicaciones a la salud.....	21
2.3.2. Medios de cultivo.....	21
2.4. MUESTREO ATMOSFÉRICO.....	22
2.4.1. Equipo de medición material particulado Hi-Vol.....	23
2.4.2. Equipo de medición de bioaerosoles MAS-100.....	23
2.5. LOCALIDAD CIUDAD BOLÍVAR.....	24
2.5.1. UPZ San Francisco.....	25
2.5.2. Situación en salud.....	28
2.5.3. Aspectos socioeconómicos.....	29
2.5.4. Aspectos ambientales.....	30
2.6. LOCALIDAD LOS MÁRTIRES.....	30
2.6.1. UPZ La Sabana.....	31
2.6.2. Situación en salud.....	33
2.6.3. Aspectos socioeconómicos.....	33
2.7. MARCO NORMATIVO.....	35

3. METODOLOGÍA.....	36
3.1. FASE I: UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	36
3.1.1. Localidad Los Mártires	36
3.1.2. Localidad Ciudad Bolívar	36
3.2. FASE II: INVENTARIOS	37
3.2.1. Inventario de fuentes fijas	37
3.2.2. Inventario de fuentes móviles.....	38
3.3. FASE III: MUESTREO DE MATERIAL PARTICULADO	39
3.3.1. Selección y preparación de filtros.....	39
3.3.2. Equipos e insumos	41
3.3.3. Índice de Calidad del Aire	43
3.4. FASE IV: MUESTREO DE CONTAMINANTES BIOLÓGICOS	44
3.4.1. Selección y preparación de medios de cultivo	44
3.4.2. Medición.....	45
3.4.3. Identificación de microorganismos	46
4. DESARROLLO CENTRAL	49
4.1. INVENTARIOS	49
4.1.1. Fuentes fijas.....	49
4.1.2. Fuentes móviles	51
4.2. CONCENTRACIONES DE PM ₁₀	54
4.3. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE	55
4.4. IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS	55
4.5. CORRELACIONES.....	58
4.5.1. PM ₁₀ con bioaerosoles	59
4.5.2. PM ₁₀ con datos meteorológicos	61
4.5.3. Bioaerosoles con datos meteorológicos.....	65
4.5.4. Morbilidad.....	77
5. IMPACTO SOCIAL, HUMANÍSTICO DEL PROYECTO	79
CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES	82
LIMITACIONES.....	83

BIBLIOGRAFÍA.....	84
ANEXOS.....	93
A. Anexo: Inventario de fuentes fijas actualizado.....	93
B. Anexo: Clasificación CIIU de las empresas.....	112
C. Anexo: Categorías de los vehículos.....	113
D. Anexo: Aforo vehicular.....	114
E. Anexo: Procedimiento para análisis por espectrometría de emisión atómica de plasma.....	116
F. Anexo: Cálculo del error relativo.....	117
G. Anexo: Recolección del filtro.....	121
H. Anexo: Rotulado.....	122
I. Anexo: Calibración de Hi-Vol.....	123
J. Anexo: Curvas de calibración.....	124
K. Anexo: Ecuaciones para el caudal.....	128
L. Anexo: Ecuaciones para hallar la concentración del material particulado.....	129
M. Anexo: ICA.....	130
N. Anexo: Ficha de protocolo para la preparación de medios de cultivo.....	131
O. Anexo: Criterio de selección de microorganismos aislados.....	133
P. Anexo: Clasificación de industrias UPZ La Sabana y San Francisco.....	134
Q. Anexo: Cálculo de emisiones.....	136
R. Anexo: Concentración de PM ₁₀	138
S. Anexo: Atributos IBOCA.....	139
T. Anexo: Concentración de plomo.....	140
U. Anexo: Microorganismos encontrados.....	141
V. Anexo: Agar y variables meteorológicas.....	144

Lista de figuras

	Pág.
Figura 2-1. Ubicación localidad Ciudad Bolívar	25
Figura 2-2. Ubicación UPZ San Francisco	26
Figura 2-3. Pirámide poblacional de UPZ San Francisco	27
Figura 2-4. Proyección poblacional de Bogotá, Ciudad Bolívar y San Francisco ..	28
Figura 2-5. Índice de condiciones de vida por localidad 2003 – 2011.....	29
Figura 2-6. Distribución de los establecimientos según su actividad económica en Ciudad Bolívar	30
Figura 2-7. Ubicación localidad de Los Mártires	31
Figura 2-8. Ubicación UPZ La Sabana	31
Figura 2-9. Pirámide poblacional de La Sabana	32
Figura 2-10. Proyección poblacional de Bogotá, Los Mártires y Santa Isabel.	33
Figura 2-11. Índice de condiciones de vida por localidad 2003 – 2011.....	34
Figura 2-12. Distribución de los establecimientos según su actividad económica en Los Mártires	34
Figura 3-1. Kit de Calibración para Hi-Vol.....	41
Figura 3-2. Pesaje de filtro impactado en balanza analítica del CTAS	42
Figura 3-3. Tinciones de gram	47
Figura 3-4. Procedimiento para identificación de hongos	48
Figura 4-1. Industrias en el área de influencia (Los Mártires)	49
Figura 4-2. Industrias en el área de influencia (Ciudad Bolívar)	50
Figura 4-3. Emisión estimada Carrera 30 Vs Av. Boyacá	53
Figura 4-4. Comparación entre concentraciones de PM ₁₀ con la Resolución 2254/17	54
Figura 4-5. Concentración plomo y norma.....	55
Figura 4-6. Correlación de PM ₁₀ con bioaerosoles, localidad Ciudad Bolívar.....	59
Figura 4-7. Correlación de PM ₁₀ con bioaerosoles, localidad Los Mártires.....	60
Figura 4-8. PM ₁₀ (UPZ San Francisco) Vs. Temperatura.....	62
Figura 4-9. PM ₁₀ (UPZ San Francisco) Vs. Velocidad del Viento	62
Figura 4-10. PM ₁₀ (UPZ San Francisco) Vs. Humedad Relativa.....	63
Figura 4-11. PM ₁₀ (UPZ La Sabana) Vs. Temperatura	64
Figura 4-12. PM ₁₀ (UPZ La Sabana) Vs. Velocidad del Viento	64
Figura 4-13. PM ₁₀ (UPZ La Sabana) Vs Humedad Relativa	65
Figura 4-14. UFC (UPZ San Francisco, Jornada 1) Vs. Temperatura	66
Figura 4-15. UFC (UPZ San Francisco, Jornada 1) Vs. Velocidad del Viento	67
Figura 4-16. UFC (UPZ San Francisco, Jornada 1) Vs. Humedad Relativa	68
Figura 4-17. UFC (UPZ San Francisco, Jornada 2) Vs. Temperatura	69
Figura 4-18. UFC (UPZ San Francisco, Jornada 2) Vs. Velocidad del viento	70

Figura 4-19. UFC (UPZ San Francisco, Jornada 2) Vs. Humedad Relativa	71
Figura 4-20. UFC (UPZ La Sabana, Jornada 1) Vs. Temperatura	72
Figura 4-21. UFC (UPZ La Sabana, Jornada 1) Vs. Humedad Relativa	73
Figura 4-22. UFC (UPZ La Sabana, Jornada 1) Vs. Velocidad del Viento	74
Figura 4-23. UFC (UPZ La Sabana, Jornada 2) Vs. Temperatura	74
Figura 4-24. UFC (UPZ La Sabana, Jornada 2) Vs. Humedad Relativa	76
Figura 4-25. UFC (UPZ La Sabana, Jornada 2) Vs. Velocidad del Viento	77
Figura E-1. Diagrama de procedimiento de espectrometría de emisión atómica de plasma	116
Figura G-1. Procedimiento de recogida del filtro	121
Figura H-1. Rotulo de medios de cultivo	122
Figura I-1. Procedimiento de calibración del Hi-Vol	123
Figura J-1. Curvas de calibración	127
Figura S-1. IBOCA	139

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 2-1. Equipos medidores de alto volumen	23
Tabla 2-2. Equipos de medición MAS 100	24
Tabla 2-3. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio establecidos en la normativa nacional e internacional	35
Tabla 3-1. Jornadas aforo vehicular	38
Tabla 3-2. Clasificación de vehículos	39
Tabla 3-3. Índice de Calidad del Aire	43
Tabla 3-4. Puntos de corte del ICA para PM ₁₀	44
Tabla 3-5. Descripción de la codificación de las muestras	45
Tabla 4-1. Distribución porcentual de los tipos de vehículo en cada jornada	52
Tabla 4-2. Distribución porcentual de los tipos de vehículos en día de pico y placa ambiental	52
Tabla 4-3. Emisión estimada día con pico y placa ambiental	53
Tabla 4-4. Identificación de microorganismos aislados	56
Tabla 4-5. Correlación de Pearson	60
Tabla 4-6. Prueba de normalidad	61
Tabla 4-7. Valores de correlación (Ciudad Bolívar)	61
Tabla 4-8. Valores de correlación (Los Mártires)	63
Tabla 4-9. Prueba de normalidad	65
Tabla 4-10. Valores de correlación (Ciudad Bolívar)	65
Tabla 4-11. Valores de correlación (Los Mártires)	71
Tabla 4-12. Casos atendidos por evento ERA	77
Tabla A-1. Inventario de fuentes fijas actualizado (Ciudad Bolívar)	93
Tabla A-2. Inventario de fuentes fijas actualizado (Los Mártires)	109
Tabla B-1. Clasificación CIU	112
Tabla C-1. Descripción y categorización de las categorías de los vehículos	113
Tabla D-1. Aforo vehicular (Ciudad Bolívar)	114
Tabla D-2. Aforo vehicular (Los Mártires)	115
Tabla F-1. Cálculo del error relativo	117
Tabla J-1. Datos de la curva de calibración (Los Mártires)	124
Tabla J-2. Datos de la curva de calibración (Ciudad Bolívar)	124
Tabla J-3. Datos para corregir la curva de calibración (Los Mártires)	125
Tabla J-4. Datos para corregir la curva de calibración (Ciudad Bolívar)	126
Tabla M-1. Efectos según el ICA	130
Tabla N-1. Ficha de protocolo para medios de cultivo	131
Tabla O-1. Criterio de selección	133
Tabla P-1. Total de industrias (Ciudad Bolívar)	134
Tabla P-2. Total de industrias (Los Mártires)	135

Tabla Q-1. Emisiones de vehículos (Los Mártires)	136
Tabla Q-2. Emisiones de vehículos en jornadas con pico y placa ambiental.....	136
Tabla Q-3. Emisiones de vehículos (Ciudad Bolívar).....	137
Tabla R-1. Concentraciones obtenidas de PM10.....	138
Tabla T-1. Concentraciones de plomo	140
Tabla U-1. Microorganismos encontrados y su descripción.....	141
Tabla V-1. Variables meteorológicas (Jornada 1, Ciudad Bolívar).....	144
Tabla V-2. Variables meteorológicas (Jornada 2, Ciudad Bolívar).....	144
Tabla V-3. Variables meteorológicas (Jornada 1, Los Mártires)	145
Tabla V-4. Variables meteorológicas (Jornada 2, Los Mártires)	146

Lista de símbolos y abreviaturas

Abreviatura Término

AVAD	Años de Vida Ajustados en Función de la Discapacidad
Av.	Avenida
CIIU	Clasificación Industrial Internacional Uniforme
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
CTAS	Centro Tecnológico Ambiental
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
EPOC	Enfermedad Pulmonar Obstructiva
ERA	Enfermedades Respiratorias Agudas
ERI	Equipos de Respuesta Inmediata
Ha	Hectáreas
Hab	Habitantes
IBOCA	Índice Bogotano de Calidad del Aire
ICA	Índice Calidad Del Aire
ICV	Índice De Condiciones De Vida
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IRA	Infecciones Respiratorias Agudas
Km/h	Kilómetros por hora
LIAC	Laboratorio Instrumental de Alta Complejidad
m ³	Metro cúbico
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Min	Minutos
NO _x	Óxidos de Nitrógeno
O ₃	Ozono
OMS	Organización Mundial para la Salud
PAL	Plan Ambiental Local
Pb	Plomo
PM ₁₀	Material particulado menor a 10 micras
PM _{2.5}	Material particulado menor a 2,5 micras
RIPS	Registro Individual de Prestación de Servicios
RM CAB	Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Bogotá
SDA	Secretaria Distrital de Ambiente
SDS	Secretaria Distrital de Salud
UE	Unión Europea
UFC	Unidades Formadoras de Colonia
UPZ	Unidad de Planeación Zonal

USEPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos
µg	Microgramos
µm	Micrómetros
°C	Grados Celsius

RESUMEN

Esta investigación buscó determinar las concentraciones de plomo (Pb) presentes en el PM₁₀ y las de bioaerosoles en el aire respirable de las UPZ La Sabana (Los Mártires) y San Francisco (Ciudad Bolívar). Para llevar a cabo este proyecto, se realizó la actualización del inventario de fuentes fijas y el aforo de fuentes móviles de los principales corredores viales de cada punto de muestreo, un muestreo de PM₁₀ en dos instituciones educativas localizadas en cada punto (Colegio San José y Colegio Cofraternidad) y otro de bioaerosoles. La determinación de las concentraciones de plomo en PM₁₀ se realizó por el método de espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito en el laboratorio LIAC de la Universidad de La Salle, y, la caracterización de bioaerosoles mediante el método API en los medios de cultivo preparados en laboratorio.

Las concentraciones de plomo y PM₁₀ encontradas no superaron los valores permisibles según la Resolución 2254 de 2017, de igual manera las concentraciones de bioaerosoles no exceden la dosis infecciosa. El análisis estadístico y descriptivo muestran que no existe correlación con los riesgos a la salud de la población expuesta, debido al bajo número de muestras de plomo analizadas en laboratorio y la ausencia de los RIPS requeridos para este periodo de muestreo, sin embargo, a partir de boletines epidemiológicos se logró establecer un análisis de la morbilidad por IRA que se han presentado en los habitantes de cada UPZ.

Palabras clave: PM₁₀, plomo, bioaerosoles, fuentes fijas, fuentes móviles, dosis infecciosa, correlaciones.

ABSTRACT

This investigation sought to determine the concentrations of lead (Pb) present in PM₁₀ and the concentrations of bioaerosols in the breathable air of the UPZ La Sabana (Los Mártires) and San Francisco (Ciudad Bolívar). To carry out this project, the inventory of fixed sources was updated and the swaying of inconstant sources (vehicles) on the main road corridors of each sampling point, a PM₁₀ measurement in two educational institutions located at each point (Colegio San José and Colegio Cofraternidad) and bioaerosols. The determination of lead concentrations in PM₁₀ was performed by the method of graphite furnace atomic absorption spectrometry in the LIAC laboratory of La Salle University, and the characterization of bioaerosols by the API method in culture media prepared in laboratory.

The concentrations of lead and PM₁₀ found do not exceed the permissible values according to Resolution 2254 of 2017, likewise the concentrations of bioaerosols do not exceed the infectious dose. The statistical and descriptive analysis show that there is no correlation with the health risks of the exposed population, due to the low number of lead samples analyzed in the laboratory and the absence of RIPS required for this sampling period, however, from epidemiological bulletins it was possible to establish an analysis of the morbidity by IRA that have occurred in the inhabitants of each UPZ.

Keywords: PM₁₀, lead, bioaerosols, fixed sources, inconstant sources, infectious dose, correlations.

INTRODUCCIÓN

Investigaciones realizadas sobre calidad del aire y contaminación atmosférica, reflejan la importancia de la regulación, el control y la mitigación de los diferentes aspectos en los que puede influir sobrepasar los límites tolerables por el medio ambiente o por la población. El aire contiene en suspensión diferentes elementos, como material particulado que a su vez puede contener metales pesados emitidos principalmente por fuentes industriales como la metalurgia, el oxiacorte, la metalmecánica, talleres de latonería y pintura y litografías [1]; además de diferentes tipos de microorganismos (especialmente bacterias y hongos). Estos elementos, causan diversas alteraciones a la salud en los seres humanos y daños al medio ambiente.

Por ejemplo, respecto al material particulado, se relaciona con problemas de salud en la población expuesta a niveles típicos de los grandes centros urbanos [2] sobre todo con enfermedades de tipo respiratorio; mientras que los bioaerosoles, han cobrado gran atención debido a que pueden generar trastornos de tipo alérgico, tóxico o infeccioso en los seres vivos. La mayoría de los bioaerosoles son complejos en cuanto a la naturaleza de sus componentes, de modo que pueden estar constituidos por bacterias, hongos, protozoos, virus y/o diversas estructuras y compuestos, consecuencia de su desarrollo o actividad [3]. Tanto el material particulado como los bioaerosoles, en sus procesos de transporte, dispersión, mezcla, transformaciones y activación, se relacionan con la topografía y características propias del lugar como sus variables meteorológicas (temperatura, radiación solar, humedad y velocidad y dirección del viento).

En los últimos años la calidad del aire en ciudades de América Latina ha tomado una gran importancia dentro del contexto de la contaminación atmosférica, hecho que se corrobora con el crecimiento industrial [1]. En la mayoría de los grandes centros urbanos e industriales, se han realizado estudios que relacionan el material particulado y sus efectos nocivos en la salud; en todos es constante que el aumento de un porcentaje de consultas por enfermedades respiratorias, es proporcional a un porcentaje en el incremento del material particulado [2].

En Bogotá, mueren al año 1.963 personas como consecuencia de las enfermedades adquiridas por la exposición a la polución y al material particulado [4]. Según cifras del DANE y de la Secretaría de Salud Distrital, el 10% (705.756 hab) requirió atención médica por enfermedades respiratorias el año pasado; en cuanto a las víctimas mortales, en 2016 la tasa era de 47,7 muertes por cada 100.000 hab, (3.806 casos) y en 2017 la tasa subió a 50,2 (4.057 casos); es decir, 2,5 muertes más por cada 100.000 hab, haciendo referencia que los más afectados son los menores de 5 años o adultos mayores de 60 años, que representan el 33,1% de las personas atendidas por enfermedades respiratorias en 2018. Estas enfermedades respiratorias que pueden derivar de la contaminación pueden ser: EPOC, IRA, cáncer de pulmón [4].

De acuerdo con el PAL 2017, para las localidades de Ciudad Bolívar y Los Mártires, la calidad del aire se ve afectada como origen de actividades industriales (metalmecánica, litografía y carpintería, entre otros), además del alto flujo vehicular que circulan en la malla vial de ambas localidades. Basados en esta información, las fuentes de contaminación móviles y fijas presentes en estas localidades tienen gran incidencia sobre la problemática ambiental y de salud pública del sector, donde se tiene que la localidad de Ciudad Bolívar según el ÍCA presentado en el PAL (2017) se obtiene un concepto de moderado a desfavorable en sus concentraciones de PM_{10} lo cual tiene directa influencia sobre la incidencia de la salud de la población en dicha localidad [5, 6].

A raíz de esta problemática, se realiza este estudio con el fin de determinar la relación entre la influencia de algunos factores meteorológicos, con las emisiones de material particulado y la presencia de bioaerosoles en el aire, con las enfermedades que se presentan en cada población. Para llevarlo a cabo, se realizaron los inventarios de fuentes fijas de interés y fuentes móviles. Además, se escogieron las estaciones de monitoreo de acuerdo a lo establecido en el Protocolo de Vigilancia de Calidad del Aire del IDEAM, teniendo en cuenta la selección de los filtros, calibración de equipo (Hi-Vol), cadena de custodia de las muestras y otros factores importantes para la medición. A la par, para la medición de bioaerosoles, se calibraba el equipo (MAS 100), se seleccionaban los agares idóneos para la identificación de microorganismos de interés para posteriormente preparar los medios de cultivo.

Luego, se halló la concentración del plomo en el material particulado, por medio de la metodología de la USEPA para el análisis de contaminantes inorgánicos en el aire (Método IO 3.5), el cual se basa en la determinación de elementos traza por plasma de acoplamiento inductivo/ espectrómetro de masas ICP/MS; también se identificaron los microorganismos encontrados a partir de la tinción de gram y su concentración en cada muestra, y, a través de herramientas estadísticas, se determinó la relación entre estas concentraciones y las variables meteorológicas seleccionadas (temperatura, humedad relativa y velocidad del viento).

Finalmente, se determinó estadísticamente que existe una correlación de proporcionalidad entre los contaminantes medidos y las variables meteorológicas, y que, además hay valores de material particulado que no cumplen la norma.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer la correlación entre las concentraciones de plomo y bioaerosoles presentes en el material particulado respirable en las localidades de Los Mártires y Ciudad Bolívar en la ciudad de Bogotá D.C.; con la salud de la población expuesta.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las concentraciones de plomo (Pb) presentes en las UPZ La Sabana (localidad de Los Mártires) y San Francisco (localidad de Ciudad Bolívar), mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito.
- Determinar las concentraciones de contaminantes biológicos *Streptococcus*, *Staphylococcus* y hongos presentes en el aire de las UPZ mediante método API.
- Actualizar el inventario de fuentes fijas de contaminación en las UPZ La Sabana (localidad de Los Mártires) y San Francisco (localidad de Ciudad Bolívar).
- Determinar los posibles riesgos a la salud asociados a las concentraciones de plomo en las localidades de Los Mártires y Ciudad Bolívar.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. METALES PESADOS

Los metales pesados son un grupo de elementos químicos con alta densidad, masa y peso atómico por encima de 20, se encuentran presentes en la naturaleza donde hacen parte del transporte a lo largo de la corteza terrestre en pequeñas cantidades [7], la mayoría de los metales pesados son tóxicos en bajas concentraciones, sin embargo el aumento de las actividades agrícolas e industriales con el transcurrir de los años permiten que las concentraciones de los metales aumenten y por consecuencia generen una afectación a la salud de las personas donde se tiene en cuenta la capacidad de bioacumulación en cada organismo y la toxicodinamia del metal a exposición [7, 8].

2.1.1. Implicaciones o posibles efectos en el medio ambiente

La forma en la que se encuentran los metales pesados varían dependiendo el área donde estemos, estos se encuentran de forma natural y cuentan con vehículos de transporte como lo son suelo, aire, agua, que al estar en contacto con metales derivados de actividades antropogénicas como minería, agricultura y en usos industriales y otros que son fijados de forma natural, permiten que se encuentren disponibles y con alta probabilidad de entrar en contacto por medios como ingestión e inhalación [9], en mayor consecuencia, los efectos de algunos metales pesados en el medio en donde se encuentren es la capacidad que tiene de interrumpir la degradación de contaminantes orgánicos y sustancias húmicas, todo esto producto de la persistencia de algunos metales en el medio ambiente y su progresiva acumulación [10].

2.1.2. Metales tóxicos con efectos adversos a la salud

La clasificación de los metales sugiere agrupar los metales que contraen un riesgo para los ecosistemas y para la salud humana, estos metales básicamente son seleccionados por su persistencia en el ambiente y potencial de bioacumulación en los organismos, donde su toxicidad puede ocurrir de varias maneras donde se incluye el desplazamiento de metales de sus sitios de unión en moléculas biológicas [11], a este grupo son pertenecientes los metales Cromo, Cadmio, Mercurio, Arsénico, Plomo siendo estos mencionados los que mayor impacto tienen sobre el ambiente y salud de la población [8].

2.2. PLOMO

El plomo es un metal gris-azulado de origen natural que se encuentra en pequeñas cantidades en la corteza terrestre. El plomo puede encontrarse en todas partes en el medioambiente. Gran parte proviene de actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, la explotación minera y la manufactura. El plomo tiene muchos usos diferentes, como en la fabricación de pilas, municiones, productos de metal (soldaduras y tuberías) y en aparatos para proteger contra los rayos X [13].

En el suelo el plomo tiene una gran afinidad con las sustancias húmicas y el pH y depende de ellos para fijarse, gracias a su baja movilidad, permanece en los horizontes superiores y no es asimilado en grandes cantidades por las plantas [14]. La absorción del metal parte de su movimiento desde una solución en el suelo y en la raíz de la planta, transportándose a los tallos y llegando hasta el fruto [15].

El plomo tiene una toxicidad considerable incluso a bajos niveles de exposición y puede generar efectos agudos y crónicos en la salud humana, siendo las partículas de diámetro menor o igual a 10 μm las que tienen la capacidad de ingresar al sistema respiratorio del ser humano. Entre los efectos más importantes se destacan los daños a múltiples órganos, dentro de los que figuran afecciones de tipo neurológico, cardiovascular, renal, gastrointestinal, hematológico y sobre la reproducción [16].

Puesto que tiene un tiempo de permanencia en la atmósfera relativamente breve (días o semanas) dependiendo de las fuentes de emisión y de las condiciones atmosféricas, este metal se transporta principalmente a distancias locales, nacionales o regionales [17]. Llega a los suelos principalmente por deposición desde el aire, generalmente por desprendimiento de pedazos de pintura con plomo desde edificios, puentes y otras estructuras [1].

El plomo a pesar de ser soluble en el suelo, es absorbido principalmente por los pelos de las raíces de las plantas y es almacenado en un grado considerable en las paredes celulares, esta absorción varía significativamente en relación con la concentración presente en los suelos, así como por las varias formas en que el Pb se presenta [1].

2.2.1. Toxicocinética

El plomo puede ser inhalado y absorbido a través del sistema respiratorio o ingerido y absorbido por el tracto gastrointestinal; la absorción percutánea del plomo inorgánico es mínima, pero el plomo orgánico si se absorbe bien por esta vía. Después de la ingestión de plomo, éste se absorbe activamente, dependiendo de la forma, tamaño, tránsito gastrointestinal, estado nutricional y la edad; hay mayor absorción de plomo si la partícula es pequeña, si hay deficiencia de hierro y/ o calcio, si hay gran ingesta de grasa o inadecuada ingesta de calorías, si el estómago está vacío y si se es niño, ya que en ellos la absorción de plomo es de 30 a 50% mientras que en el adulto es de 10%. Luego de su absorción, en primer lugar, circula en Sangre unido a los glóbulos rojos, el 95% del plomo está unido al eritrocito, luego se distribuye a los tejidos blandos como hígado, riñón, médula ósea y sistema nervioso central que son los órganos blanco de toxicidad, luego de 1 a 2 meses el plomo difunde a los huesos donde es inerte y no tóxico [18].

El metal puede mobilizarse del hueso en situaciones como inmovilidad, embarazo, hipertiroidismo, medicaciones y edad avanzada. El plomo cruza la placenta y la barrera hematoencefálica. Finalmente se excretará por orina en un 90%, y en menor cantidad en la bilis, piel, cabello, uñas, sudor y leche materna. Hay que recordar que

en el hueso está depositado el 90% del plomo y que una disminución de la plumbemia sin quelación indica esta distribución a tejido blando y hueso [18].

2.2.2. Toxicodinamia

El plomo tiene gran afinidad por los grupos sulfhidrilo, en especial por las enzimas dependientes de zinc. El mecanismo de acción es complejo; en primer lugar, parece ser que el plomo interfiere con el metabolismo del calcio, sobre todo cuando el metal está en concentraciones bajas, el plomo altera el calcio de las siguientes formas:

- Reemplaza al calcio y se comporta como un segundo mensajero intracelular, alterando la distribución del calcio en los compartimentos dentro de la célula.
- Activa la proteinquinasa C, una enzima que depende del calcio y que interviene en múltiples procesos intracelulares.
- Se une a la calmodulina más ávidamente que el calcio, ésta es una proteína reguladora importante.
- Inhibe la bomba de Na-K-ATPasa, lo que aumenta el calcio intracelular [18].

Finalmente, esta alteración a nivel del calcio traería consecuencias en la neurotransmisión y en el tono vascular lo que explicaría en parte la hipertensión y la neurotoxicidad. A nivel renal interfiere con la conversión de la vitamina D a su forma activa, hay inclusiones intranucleares en los túbulos renales, produce una tubulopatía, que en estadios más avanzados llega a atrofia tubular y fibrosis sin compromiso glomerular, caracterizándose por una proteinuria selectiva. En niños se puede ver un síndrome semejante al de Fanconi, con aminoaciduria, glucosuria, e hipofosfatemia, sobre todo en aquellos con plumbemias altas. Varias funciones del sistema nervioso central están comprometidas, principalmente porque el plomo altera en muchos pasos el metabolismo y función del calcio como explicamos previamente. El plomo se acumula en el espacio endoneural de los nervios periféricos causando edema, aumento de la presión en dicho espacio y finalmente daño axonal [18].

2.3. CONTAMINANTES BIOLÓGICOS

Los bioaerosoles son aerosoles formados por partículas que tienen su procedencia biológicamente o con algún tipo de actividad biológica, donde su capacidad de afectación hacia los demás seres vivos está en función de procesos infecciosos, alérgicos, irritantes o tóxicos [19]. Su composición es variable, puede incluir: microorganismos (virus, bacterias y hongos) vivos o muertos, fragmentos y metabolitos procedentes o liberados por los mismos [20].

La presencia de bioaerosoles se encuentra a menudo sobre áreas con presencia animal, donde las bacterias y virus se encuentran más concentradas, básicamente la mayor fuente de bioaerosoles está concentrada en la zonas de ganadería intensiva, donde los bioaerosoles son ricos tanto en variedad como en cantidad siendo como principales fuentes los animales, los desechos de los mismos, independientemente su fuente, los bioaerosoles pueden viajar grandes distancias

gracias a las corrientes de aire generando enfermedades infecciosas no solo a los mismos animales sino a poblaciones cercanas a estas fuentes [21].

La naturaleza del bioaerosol hace necesario determinar aquellos microorganismos que se encuentran en esas partículas, e investigar sobre los factores ambientales que permiten su prevalencia en el ambiente, pues para que estos contaminantes sobrevivan y se reproduzcan dependen de la temperatura, humedad relativa, dirección del viento, entre otras [22].

2.3.1. Tipos e implicaciones a la salud

Dependiendo de las características biológicas, los bioaerosoles pueden clasificarse en virus, bacterias, hongos o polen, siendo este último catalogado como contaminante biológico por la capacidad de transporte que tiene y afecciones respiratorias que puede generar en el huésped. A pesar de que la presencia de los bioaerosoles en el medio ambiente es común, cabe resaltar que las enfermedades infecciosas que se generan son altamente producidas por la frecuente exposición a lugares donde haya una presencia animal significativa o presencia de diversos tipos de vegetación y que a su vez son generadoras de algún tipo de morbilidad presentada por bioaerosoles [23].

No basta con evitar tener contacto con animales o estar presente constantemente en áreas naturales, se debe tener en cuenta factores como humedad relativa y temperatura, radiación, oxígeno presente y muy importante la presencia de contaminación del lugar, puesto que el transporte de los contaminantes biológicos también estará en función de las condiciones ambientales, donde la presencia de material particulado permite que fracciones de bioaerosoles se fije a partículas las cuales pueden viajar grandes distancias y teniendo en cuenta la vía de exposición respiratoria va a ser muy fácil la absorción de estos contaminantes y posteriormente la generación de enfermedades infecciosas [23].

2.3.2. Medios de cultivo

Durante el diseño experimental se estableció el uso de tres medios de cultivo teniendo en cuenta los microorganismos a identificar (bacterias y hongos):

- **Sabouraud**

Para cultivo y conservación de hongos patógenos y no patógenos, particularmente dermatofitos, levaduras y microorganismos acidúricos a partir de diversas muestras [27]. Es utilizado con el fin de recuperar hongos presentes en el aire, el componente principal de este medio es la Dextrosa la cual es considerada como nutriente principal para el crecimiento de microorganismos micóticos. Al estar en alta concentración permite el desarrollo de diversos géneros pertenecientes al reino hongo. Adicionalmente este agar cuenta con una mezcla de antibióticos como el cloranfenicol, penicilina, gentamicina y la estreptomycinina que inhiben el crecimiento de una amplia variedad de bacterias gram negativas y gram positivas, sin afectar el crecimiento fúngico [28].

- **EMB**

Medio ligeramente selectivo y diferencial para el cultivo y aislamiento de microorganismos entéricos a partir de diversas muestras [27]. Es un medio que

promueve el crecimiento de bacilos gram negativos entéricos, también permite el desarrollo de todas las especies de la familia *enterobacteriaceae*. El medio de cultivo combina las fórmulas de Holt-Harris y Teague con la Levine, con el fin de obtener un mejor rendimiento en el aislamiento selectivo de los organismos ya mencionados. Es nutritivo por la presencia de peptona la cual favorece el desarrollo microbiano, dentro de su composición se encuentra el azul de metileno y Eosina, que inhiben a las bacterias gram positivas, los colorantes actúan como indicadores diferenciales en respuesta a la fermentación de lactosa y sacarosa por parte de los microorganismos [28].

- **Sangre**

Este medio de cultivo, adicionado de Sangre de carnero o conejo desfibrinada estéril, es adecuado para el aislamiento de bacterias a partir de diversas muestras e investigar su actividad hemolítica [27]. Promueve el desarrollo de bacterias exigentes en sus requerimientos nutricionales y la clara observación de las reacciones de hemólisis [29]. La reacción de hemólisis junto con otras características morfológicas permite identificar microorganismos de interés clínico. En este medio se desarrollan diferentes especies de microorganismos gram positivos como *Streptococcus* y *Staphylococcus* catalogados como microorganismos patógenos [30].

2.4. MUESTREO ATMOSFÉRICO

Se define como monetario atmosférico a todas las metodologías diseñadas para muestrear, analizar y procesar en forma continua las concentraciones de sustancias o de contaminantes presentes en el aire en un lugar establecido y durante un tiempo determinado [31].

Esto es importante en el momento de formular los estándares de calidad de aire, llevar a cabo estudios enfocados en los efectos adversos que producen las concentraciones de los contaminantes en el aire a la salud pública, ubicación y especificación de los tipos de fuentes emisoras con el fin de diseñar políticas y estrategias de control para la generación de estas sustancias en el aire [31].

El material particulado puede ser una mezcla compleja de material sólido y/o líquido que se encuentra suspendido en el aire, su tamaño y composición varían según la fuente de emisión, generalmente su tamaño esta entre 0.0002 y 500 μm . Las partículas menores a 10 μm tienen la capacidad de ingresar al sistema respiratorio del ser humano [32], generando daños a la salud de la población, con respecto a lo anterior las partículas entre los 2,5 a 10 μm pueden ingresar hasta los alveolos hasta llegar a la Sangre.

En este sentido la clasificación del material particulado está dado por su tamaño: fracciones: fracciones gruesas, fina y ultra fina, siendo la fracción gruesa las partículas cuyo diámetro aerodinámico se encuentra entre 2,5 y 10 μm ; la fracción fina las que cuentan con un diámetro menor a 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$), y finalmente, la

fracción ultra fina son de tamaños inferiores a $1\mu\text{m}$ [1]. Su monitoreo es de gran importancia para la salud y se realiza a través de equipos de alta precisión.

Por otro lado, los bioaerosoles o biopartículas son aerosoles formados por partículas de origen biológico o con actividad biológica que pueden afectar a seres vivos a través de procesos infecciosos, alérgicos, tóxicos e irritantes a los cuales están expuestas las personas, el análisis de estos microorganismos en el aire se recomienda para obtener mayor información sobre los relacionados con enfermedades infecciosas o alérgicas [33]. Adicionalmente, la estimación de la densidad y diversidad de estos microorganismos en el ambiente es un indicador de la calidad del ambiente.

2.4.1. Equipo de medición material particulado Hi-Vol

Es un muestreador de alto volumen (figura 2-1) que succiona una cantidad medible de aire ambiente en dirección a una caja de muestreo a través de un filtro durante un tiempo conocido. Existen dos muestreadores de este tipo que se diferencian en su controlador de flujo, pueden ser de sistema MFC (controlador de flujo de tipo másico) o VFC (controlador de flujo de tipo volumétrico) [34].

Tabla 2-1. Equipos medidores de alto volumen

<p>Punto de muestreo Los Mártires, Colegio San José</p> 	<p>Punto de muestreo Ciudad Bolívar, Colegio Cofraternidad</p> 
---	---

Fuente: Autores

2.4.2. Equipo de medición de bioaerosoles MAS-100

El método de este equipo (figura 2-2) es la impactación de Andersen, que consiste en aspirar el aire mediante una tapa perforada; un ventilador radial, controlado por un sensor de flujo, que regula con precisión el flujo de aire en tiempo real. El aire aspirado impacta con un medio de crecimiento en una placa de contacto. Dentro de dicha tapa perforada se encuentra una caja de petri con el medio de cultivo seleccionado.

El equipo opera con un caudal constante de 100 litros por minuto; regulándolo automáticamente de acuerdo a la presión y temperatura ambiental. Si la corriente de aire es irregular a causa de factores externos, o bien fuera limitada por cajas de Petri sobrecargadas, la cantidad de aire es automáticamente reajustada [22].

Tabla 2-2. Equipos de medición MAS 100

Punto de muestreo Los Mártires	Punto de muestreo Ciudad Bolívar
	

Fuente: Autores

2.5. LOCALIDAD CIUDAD BOLÍVAR

La localidad 19 (óvalo naranja en la figura 2-3), llamada Ciudad Bolívar, se encuentra ubicada al suroccidente de Bogotá D.C. Limita al norte con la localidad de Bosa, con la Av. del sur y la Av. Ferrocarril del Sur de por medio; al sur con la localidad de Usme, con el Río Chisacá de por medio; al oriente con las localidades Tunjuelito y Usme, con el Río Tunjuelito de por medio; y al occidente con el municipio de Soacha. Su extensión total es de 12.998,5 Ha, de las cuales 9.608,4 Ha son de suelo rural, 3.238,1 Ha de suelo urbano y 152,1 son de suelo en expansión [35].

Administrativamente está dividida en ocho Unidades de Planeación Zonal (UPZ), en relación a sus usos actuales del suelo predomina el uso residencial sobre el comercial. Para el año 2017 contaba con una población total de 733.859 hab, de los cuales el 49,5% (363.627 hab) correspondía a hombres y el 50,5% (370.232 hab) a mujeres, presentando así, una densidad poblacional de 226 hab/ha, la cual es una densidad más alta que la que presenta la ciudad de Bogotá (212 hab/Ha) [35].

Figura 2-1. Ubicación localidad Ciudad Bolívar



Fuente: [1]

2.5.1. UPZ San Francisco

La UPZ 63 (figura 2-4), llamada San Francisco se ubica en el lado izquierdo de la zona urbana de Ciudad Bolívar, limita al norte con la Av. Ciudad Villavicencio y la UPZ Arbolizadora; por el sur con la UPZ Lucero; por el oriente con el Río Tunjuelito y la UPZ Tunjuelito de la localidad que lleva el mismo nombre; y por el occidente con la UPZ Jerusalén. Su clasificación predominante es residencial de urbanización incompleta [35].

Tiene una extensión de 179 Ha compuesta por quince (15) barrios, Las Acacias, Candelaria La Nueva, Gibraltar, Colmena, La Casona, Juan José Rondón, San Luis Sur, San Fernando Sur, Santa Inés de la Acacia, Millán Los Sauces, Puerta del Llano, Sauces, Hortalizas, Candelaria la nueva y El Recuerdo [36].

Figura 2-2. Ubicación UPZ San Francisco



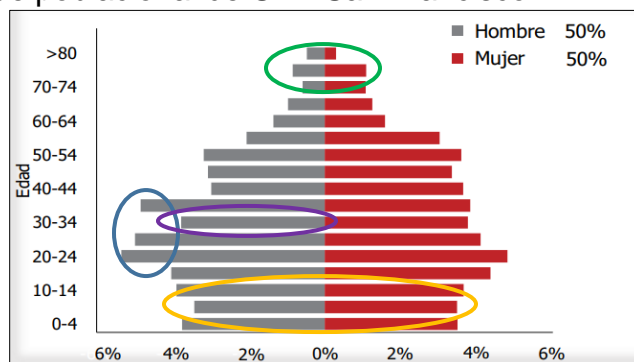
Fuente: Autores

2.5.1.1. Población

En esta UPZ se proyectó una población para el año 2017 de 95.541 hab, de los cuales el 50% (47.770 hab) correspondía a hombres y 50% (47.770 hab) son mujeres, esto demuestra que no hay variación significativa entre los dos sexos en la UPZ [36].

En la figura 2-5, se muestra la estructura poblacional de la UPZ de acuerdo al ciclo vital para el 2017, se observa una pirámide tipo estable regresiva con una cima angosta (ovalo verde y una base angosta (ovalo naranja), asociándose a una disminución en la natalidad, el género masculino es predominante en las edades de 20 a 39 años (ovalo azul oscuro), aun que para el grupo etario de 30 a 34 años en el género masculino se evidencio una disminución significativa (ovalo morado), es probable que por nuestro contexto social los hombres tenga una exposición, mayoritariamente, a la violencia proveniente de diversas fuentes [36].

Figura 2-3. Pirámide poblacional de UPZ San Francisco



Fuente: [36]

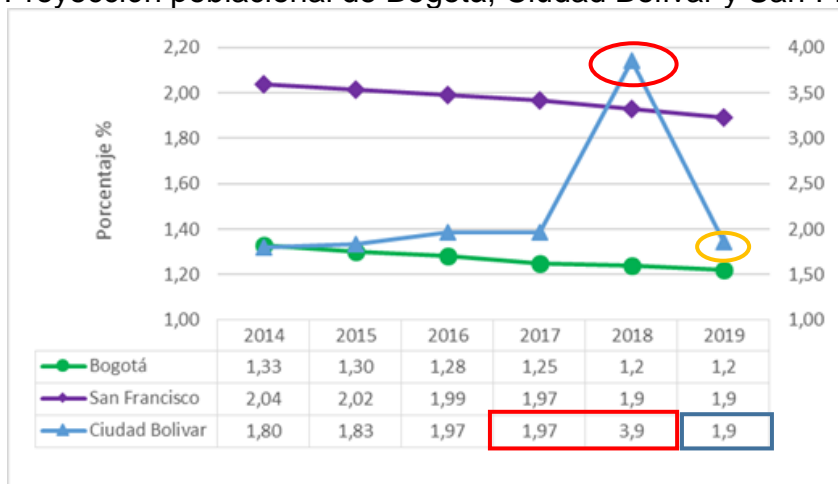
Con respecto a la localidad, la UPZ San Francisco presenta la densidad poblacional más alta con 535 hab/Ha, le sigue Ismael Perdomo con 338 hab, las de menor densidad son Monte Blanco (9 hab/Ha) y El Mochuelo (5 hab/Ha).

Para los años 2014 a 2018 la secretaria Distrital de planeación presentó una proyección de tendencia creciente en la población de la localidad (figura 2-6), principalmente se observa un crecimiento muy notorio de 1,97% para 2017 a 3,9% para 2018 (rectángulo rojo) principalmente en los ciclos vitales de juventud con 133.138 hab y adultez con 377.198 hab, es probable que el crecimiento de población para ese año se deba a la llegada masiva de población flotante causada por factores sociopolíticos en Venezuela, pues se ha presentado una migración masiva de Venezuela a Colombia [37].

Para el 2019 se espera un crecimiento en la población de 1,9% (rectángulo azul), con respecto al año 2018. Para el 2018 se esperaba en la adultez 377.198 hab y en la vejez 58.414 hab, mientras para el año 2019 se espera un número de habitantes de 386.438 y 61.946 respectivamente, evidenciando así un crecimiento poblacional bajo con respecto al del año 2018 [37].

En población total se estimó que la localidad contó en el año 2018 con 762.184 habitantes, con un crecimiento del 2,06 porcentuales respecto al 2014. Para UPZ San Francisco se estima que su población total para el año 2018 sería de 97.384 hab, lo que corresponde a un decrecimiento de -0,01 porcentuales menos que en el 2014 [37].

Figura 2-4. Proyección poblacional de Bogotá, Ciudad Bolívar y San Francisco



Fuente: [37]

Según las proyecciones de población, se puede observar que la población de Bogotá y la UPZ San Francisco tienen un comportamiento decreciente diferenciándose solo en el ritmo de crecimiento, mientras Bogotá pasó de 1,33% para 2014 a 1,2 % para 2018, la UPZ San Francisco pasó de 2,04% para 2014 a 1,9% para 2018. El comportamiento de la localidad Ciudad Bolívar es muy diferente al de Bogotá y la UPZ San Francisco, ya que presenta una tendencia creciente de 1,8% para 2014 a 3,9% para 2018 (óvalo rojo), presentando así un aumento significativo en su población; para el 2019, se estimó una tasa de crecimiento de 1,9% (óvalo naranja) indicando así un decrecimiento con respecto al 2018, este comportamiento se presentó por factores externos a la localidad pues la llegada masiva de extranjeros como población flotante para 2018 generó este comportamiento [37].

2.5.2. Situación en salud

De las diez primeras causas de mortalidad general presentadas en la localidad de Ciudad Bolívar durante el periodo del 2011 a 2012, se presentan seis principales causas constantes: enfermedades isquémicas del corazón, homicidios, enfermedades cerebro vasculares, enfermedades crónicas de las vías respiratorias, diabetes mellitus, tumor maligno del estómago, neumonía y enfermedades hipertensivas [38].

En este caso, es de nuestro interés la mortalidad por neumonía, en Bogotá, desde el año 2005 al 2014, la mortalidad por neumonía presentó una disminución de 15,9% con un cumplimiento satisfactorio para los años 2012 a 2014; en Ciudad Bolívar esta disminución ha sido de 27,7% presentando un cumplimiento satisfactorio para los años 2013 y 2014 [38].

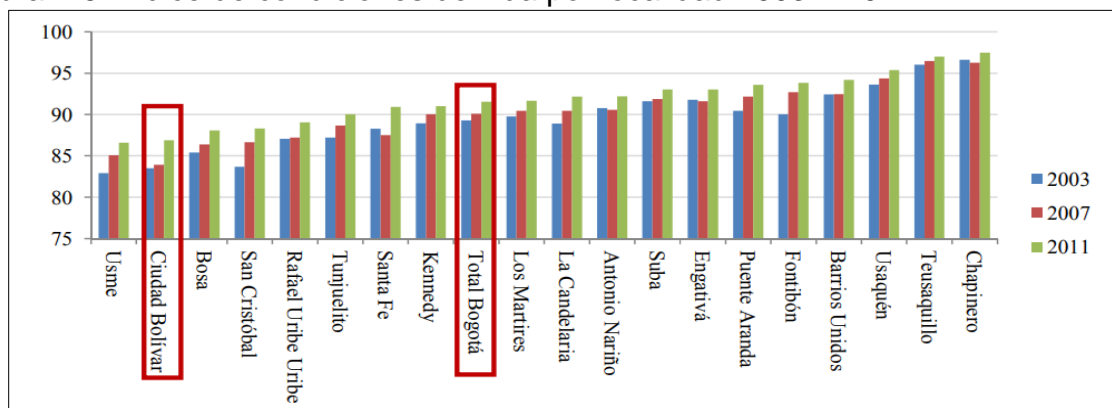
La neumonía bacteriana no especificada y neumonía no especificada son dos de las de las diez causas de morbilidad en los servicios de hospitalización, el mayor número de consultas corresponde al grupo etario infancia, el cual tiene mayor

vulnerabilidad para contraer estos tipos de enfermedades respiratorias, las cuales se relacionan con factores ambientales, inmunológicos y condiciones sanitarias [38].

2.5.3. Aspectos socioeconómicos

El ICV fue utilizado por la Alcaldía de Bogotá en el diagnóstico de hábitat para evaluar la pobreza en la localidad Ciudad Bolívar, en el cual se valora el estándar de vida mediante la combinación de variables de capital humano, acceso a bienes físicos y otras, como se observa en la figura 2-7 se obtuvo un buen puntaje de 86,89 de 100 posibles, sin embargo, Ciudad Bolívar se sitúa como la segunda localidad con menor nivel de vida con 4,8 puntos por debajo del promedio de la ciudad según es este indicador.

Figura 2-5. Índice de condiciones de vida por localidad 2003 – 2011



Fuente: [39]

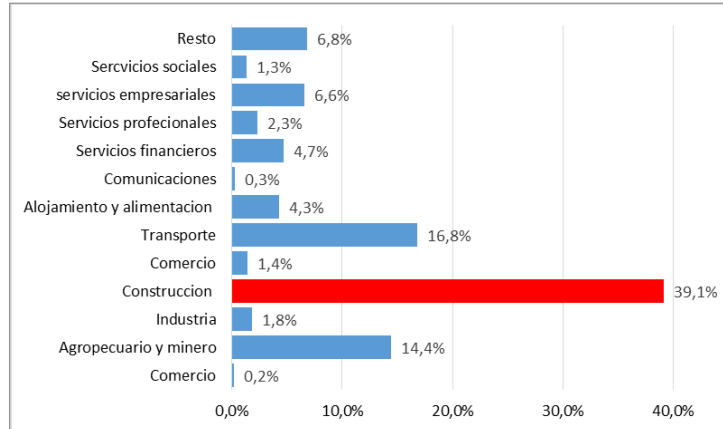
Ahora bien, es interesante observar los factores relacionados con la vivienda. El primer factor, acceso y calidad de los servicios, presenta una diferencia muy pequeña frente al puntaje máximo, apenas del 0,29%, lo que implica una cobertura casi total de servicios, resultado consistente con la información reportada por las empresas prestadoras de estos servicios [39].

Según los datos registrados en la Cámara de Comercio de Bogotá, hasta diciembre del 2017 en Bogotá se encontraban 483.209 establecimientos de matrícula activa. De los cuales 15.983 se registraron en la localidad Ciudad Bolívar.

En la localidad estos establecimientos crecieron un 3,9% respecto a los registrados en el 2016, siendo más alto que el crecimiento total de la ciudad. La distribución de estos establecimientos por UPZ fueron Ismael Perdomo (25,1%), Lucero (20,4%), San Francisco (19,7%), Arbolizadora (15,9%), Jerusalem (12,8), El Tesoro (5,3%), Monte Blanco (0,3%) y El mochuelo (0,02%) [35].

En la figura 2-8, se demuestra la distribución porcentual de los establecimientos en la localidad de Ciudad Bolívar, el establecimiento que predomina en la localidad es el sector comercio con 39,1%, seguido del alojamiento y alimentación 16,8% e industria 14,4%, los cuales son los más representativos en la localidad. La UPZ San Francisco registró para el año 2017 un total de 3.142 establecimientos [35].

Figura 2-6. Distribución de los establecimientos según su actividad económica en Ciudad Bolívar



Fuente: Autores

2.5.4. Aspectos ambientales

Según la RMCAB, y según las estaciones distribuidas en los puntos aledaños a la localidad, Ciudad Bolívar no presenta una buena calidad del aire puesto que en concentraciones como el PM₁₀ y el PM_{2,5} se han sobrepasado los límites permitidos por la normatividad colombiana e internacional, factores como el tráfico de la autopista sur y empresas manufactureras (Curtiembres) que allí se localizan han aumentado las concentraciones de material particulado y generado repercusiones al ambiente. Para las concentraciones de PM_{2,5} se encontraron excedencias puesto que la norma internacional estipula una máxima concentración de 50 µg/m³ para una concentración diaria, y según datos proporcionados por la estación de Kennedy la cual se encuentra más cercana a la localidad, se hallaron promedios anuales mayores a los permitidos por la norma con una excedencia de 365 µg/m³ [40].

2.6. LOCALIDAD LOS MÁRTIRES

La localidad de Los Mártires (óvalo naranja en la figura 2-9), se ubica en el centro del territorio urbano de Bogotá; limita por el norte con la Calle 26 con la localidad de Teusaquillo, por el sur hasta el canal de Rio Fucha y la Av. Primera con la localidad Antonio Nariño, por el Oriente con la Av. Caracas limitando con la localidad de Santa fe y por el Occidente con la Av. Ciudad de Quito limita con la localidad Puente Aranda. Su extensión total es de 651 Ha [41].

Administrativamente está dividida en dos Unidades de Planeación Zonal (UPZ), en relación a sus usos actuales del suelo predomina el uso comercial sobre el residencial. Para el año 2017 contaba con una población total de 93.716 hab, de los cuales el 49,5% (46.436 hab) correspondía a hombres y el 50,5% (47.280 hab) a mujeres, presentando así una densidad poblacional de 144 hab/Ha, la cual es una densidad más baja que la que presenta la ciudad de Bogotá (212 hab/Ha) [41].

Figura 2-7. Ubicación localidad de Los Mártires



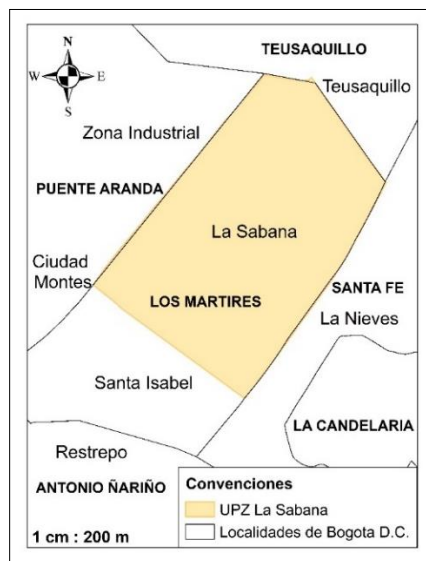
Fuente: [1]

2.6.1. UPZ La Sabana

La UPZ 102 (figura 2-10), llamada La Sabana, se ubica en el constado norte de la zona urbana localidad Los Mártires. Limita al norte con la UPZ Teusaquillo (Av. Jorge Eliecer Gaitán o Av. Calle 26) de la localidad del mismo nombre; por el sur, con la UPZ Santa Isabel (Av. Los Comuneros o Av. Calle 6); por el oriente, con la UPZ Las Nieves (Av. Caracas o Av. Carrera 14) de la localidad Santa Fe y por el occidente, con la UPZ Zona Industrial (Av. Ciudad de Quito o Av. Carrera 30) de la localidad Puente Aranda. Su clasificación predominante es comercial [41].

Tiene una extensión de 451 Ha compuesta por dieciséis barrios, Colseguros, El Listón, La Estanzuela, Florida, La Pepita, La Favorita, La Sabana, Paloquemao, Panamericano, Ricaurte, Samper Mendoza, San Façon, San Victorino, Santa fe, Usatama y El Voto Nacional [42].

Figura 2-8. Ubicación UPZ La Sabana



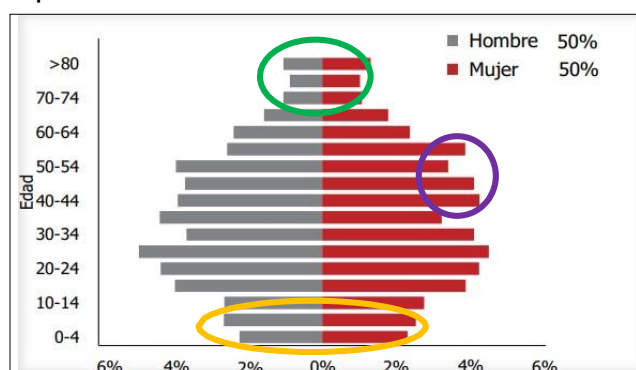
Fuente: Autores

2.6.1.1. Población

En esta UPZ se proyectó una población para el año 2017 de 50.375 hab, de los cuales el 50% (25.187 hab) correspondía a hombres y 50% (25.187 hab) son mujeres, esto demuestra que no hay variación significativa entre los dos sexos en la UPZ [41].

En la figura 2-11, se muestra la estructura poblacional de la UPZ de acuerdo al ciclo vital para el 2017, se observa una pirámide tipo estable regresiva con una cima angosta (ovalado verde) y una base angosta (ovalado naranja), asociándose a una disminución en la natalidad, el género femenino es predominante en las edades de 40 a 59 años (ovalado morado) [42].

Figura 2-9. Pirámide poblacional de La Sabana



Fuente: [42]

Con respecto a la localidad, la UPZ La Sabana presenta la densidad poblacional baja con 112 hab/Ha con respecto a la UPZ Santa Isabel con 216 hab [41].

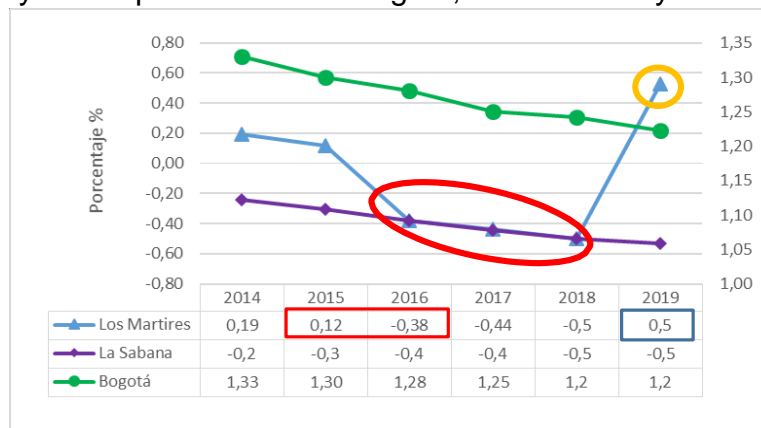
Para los años 2014 a 2018 la Secretaria Distrital de Planeación presentó una proyección de tendencia decreciente en la población de la localidad (figura 2-12), principalmente un decrecimiento muy brusco de 0,12% para 2015 a -0,38% para 2016 (rectángulo rojo) principalmente en los ciclos vitales de infantil 4.724 habitantes y con juventud con 14.872 hab, es probable que el decrecimiento de población para ese año se deba al tipo de uso del suelo comercial, pues la transformación de las viviendas en establecimientos comerciales desplazan la población hacia otros sectores de la ciudad, volviendo así esta zona una población masiva flotantes [37].

En cambio, para el 2019 se espera un crecimiento en la población de 0,5% (rectángulo azul), especialmente en el grupo de ciclo vital de vejez. Por ejemplo, para el 2016 se esperaba en la vejez 13.567 hab mientras para el año 2019 se espera un número de habitantes de 14.834, evidenciando así un decrecimiento poblacional bajo con respecto al del año 2016 [37].

En población total se estima que la localidad cuente en el año 2018 con 93.248 habitantes, con un decrecimiento del -0,12 porcentuales respecto al 2016. Para UPZ La Sabana se estima que su población total para el año 2018 sea de 50.124

habitantes, lo que corresponde a un decrecimiento similar al de la localidad de -0,12 porcentuales menos que en el 2016 [37].

Figura 2-10. Proyección poblacional de Bogotá, Los Mártires y Santa Isabel.



Fuente: Autores

2.6.2. Situación en salud

Según los reportes del Hospital Centro Oriente, en la localidad de Los Mártires las primeras causas de consulta externa son por la presencia de enfermedades infecciosas en el grupo etarios infantiles, y para la vejez lo son enfermedades crónicas [1].

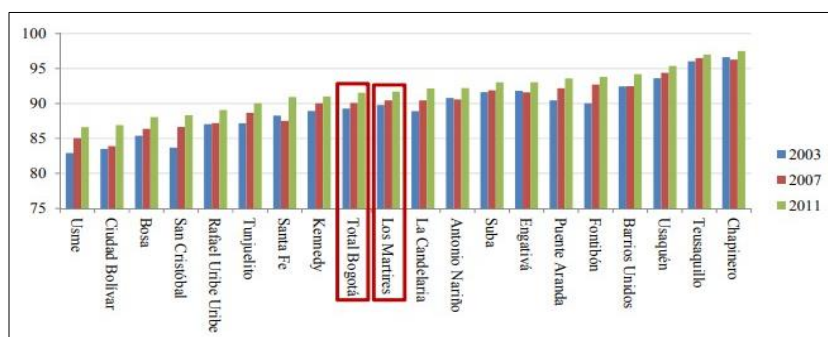
Las enfermedades respiratorias ocupan un 14,4% de las consultas por consulta externa y un 2,45% de las hospitalizaciones, siendo menores de cinco años y los adolescentes los grupos más sensibles a padecer estas enfermedades. La neumonía es una de las principales causas de mortalidad en los menores de cinco años, con una tasa de un menor de cinco años por cada cien mil menores de cinco años siendo así la tercera tasa más alta en Bogotá para este grupo etario [1, 42].

El RIPS distrital, reportó para el año 2012 un total de 2.125 pacientes por consultas externas en donde la rinofaringuitis fue uno de los principales motivos de consulta. Para el año 2014 el Hospital Centro Oriente encontró que la bronconeumonía y bronquiolitis aguda fueron los diagnósticos más frecuentes con un 41,5% (17 casos) y 34,1% (14 casos) respectivamente al total de consultas realizadas en el mismo periodo [1].

2.6.3. Aspectos socioeconómicos

El ICV fue utilizado por la Alcaldía de Bogotá en el diagnóstico de hábitat para evaluar la pobreza en la localidad de Los Mártires, en el cual se valora el estándar de vida mediante la combinación de variables de capital humano, acceso a bienes físicos y otras, como se observa en la figura 2-13, se obtuvo un buen puntaje de 91,68 de 100 posibles, sin embargo, Los Mártires se sitúa en el medio como la localidad con menor nivel de vida de Bogotá y por encima de la calificación de la ciudad [43].

Figura 2-11. Índice de condiciones de vida por localidad 2003 – 2011



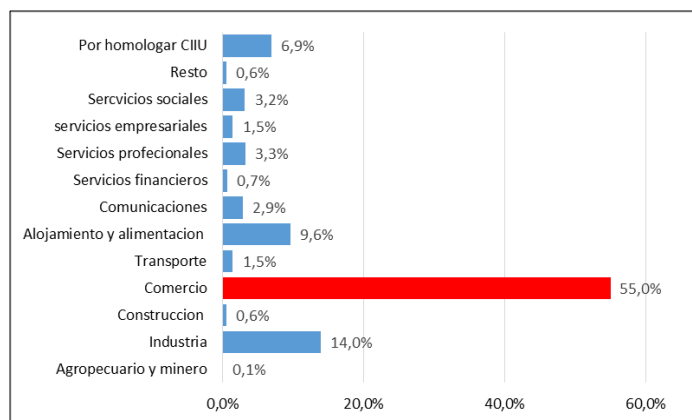
Fuente: [43]

Ahora bien, es interesante observar los factores relacionados con la vivienda. El primer factor, acceso y calidad de los servicios, presenta una diferencia muy pequeña frente al puntaje máximo, apenas del 0,77%, lo que implica una cobertura casi total de servicios, resultado consistente con la información reportada por las empresas prestadoras de estos servicios [43].

Según los datos registrados en la cámara de comercio de Bogotá, hasta diciembre del 2017 se encontraban 483.209 establecimientos de matrícula activa, de los cuales 21.162 se registraron en la localidad Los Mártires [41]. Estos establecimientos crecieron un 2,6% respecto a los registrados en el 2016, por debajo del crecimiento total de la ciudad. La distribución de estos establecimientos por UPZ fueron La Sabana (82,6%) y Santa Isabel (17,4%) [41].

En la figura 2-14, se demuestra la distribución porcentual de los establecimientos en la localidad Los Mártires, el establecimiento que predomina en la localidad es el sector comercio con 55%, seguido del alojamiento y alimentación 9,6% e industria 14%, los cuales son los más representativos en la localidad. La UPZ La Sabana registro para el año 2017 un total de 22.424 establecimientos [41].

Figura 2-12. Distribución de los establecimientos según su actividad económica en Los Mártires



Fuente: Autores

2.6.3.1. Aspectos ambientales

La localidad de Los Mártires, presentó un promedio de concentración anual de PM₁₀ en el aire entre 50 y 60 µg/m³ por fuentes fijas como: fábricas, talleres automotores e incineración de basuras, fábrica de muebles, bodega de maderas e industrias harineras debido a la quema informal de residuos generada por estas industrias. Las concentraciones de material particulado por fuentes móviles son más altas en las Calle 13 a 26, carrera 30 y 24, Av. Caracas y Calle 19, cabe destacar que la población expresa tener una percepción del problema en la contaminación del aire de la localidad va empeorando ya que el tráfico vehicular por las carreras 27, 24 y 22 y al frente del hospital Centro Oriente sede Samper Mendoza se debe al reemplazo de la Av. caracas que fue ocupada por el sistema de transporte público Transmilenio ha generado el aumento del flujo vehicular en estas vías alternas generando un incremento en la incidencia de Infección Respiratoria Aguda (IRA) en la población de la tercera edad [44].

2.7. MARCO NORMATIVO

A nivel nacional el MADS establece la norma para la calidad del aire en Colombia mediante la Resolución 2254 de octubre 2017 [45]. En la tabla 2-1, se muestran los límites máximos permisibles para contaminantes respecto a la norma del MADS y los que establecen a nivel internacional entidades como la USEPA, la OMS y la UE. Cabe aclarar que la OMS no es un órgano legislativo, si es un órgano para la orientación en la reducción de los impactos de la contaminación del aire en la salud [1], y, el valor límite de concentraciones de plomo establecido por la USEPA es trimestral, a diferencia de la OMS y la UE en donde es anual [1].

Tabla 2-3. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio establecidos en la normativa nacional e internacional

Contaminante (µg/m ³)	MADS	USEPA	OMS	UE
PM ₁₀	50 anual 75 diario	50 anual 150 diario	20 anual 50 diario	40 anual 50 diario
Plomo	0,5 anual	1,5 trimestral	0,5 anual	0,5 anual

Fuente: [46, 47, 48]

3. METODOLOGÍA

Este proyecto se desarrolló en diferentes fases de la siguiente manera: la primera, ubicando el área para el estudio; la segunda, actualizando y realizando los inventarios de fuentes; y la tercera y cuarta, muestreando los contaminantes de interés.

3.1. FASE I: UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Se seleccionaron dos colegios ubicados en las localidades Ciudad Bolívar y Los Mártires, las cuales se caracterizan por presentar zonas de actividad industrial, comercial y de alto flujo vehicular.

3.1.1. Localidad Los Mártires

Se seleccionó el colegio San José, ubicado en el barrio Ricaurte, en la carrera 29 #12-2 a 12-98, coordenadas 4°36'44,59" N 74°5'36,26"O; UPZ La Sabana. El colegio se encuentra localizado en una zona industrial, compuesta principalmente por talleres de metalmecánica, pintura electrostática, oxicortes y soldadura, lo que resulta en un deterioro de la calidad de aire del área de estudio.

Frente al colegio se encuentra la carrera 29, en la cual se presenta flujo constante de vehículos de carga pesada y transporte público (principalmente articulados de Transmilenio). La contaminación del aire con material particulado por fuentes móviles se concentra en las Calles 13 a 26, carreras 30 y 24, Av. Caracas y Calle 19; estas vías son además las que presentan mayor contaminación auditiva por el tráfico automotor. Así mismo, se presentan altos niveles de ruido cerca a la Calle 12 con Carrera 27 por presencia de talleres de mecánica [49], aspecto de gran importancia dado que los corredores viales más cercanos al colegio son la carrera 30 a 69 metros, hacia el noroeste, la Calle 13 a 180, hacia el noreste, Calle 6 a 880 metros, hacia el suroeste y la carrera 24 a 535 metros, hacia el este.

3.1.2. Localidad Ciudad Bolívar

El colegio Cofraternidad de San Fernando, se encuentra ubicado en la UPZ San Francisco, barrio San Francisco en la Carrera 19b-Bis diagonal 62 sur, coordenadas 4°33'43,18" N 74° 8'26,71"O. La zona se caracteriza por ser principalmente residencial, comercial y de servicios; se encuentra rodeado de ferreterías, discotecas, chatarrerías y pequeñas industrias. La vía principal más cercana es la Av. Boyacá, la diagonal 62 sur, la carrera 19 c y la Av. Villavicencio. Estas vías cumplen un papel fundamental en el transporte de personas y mercancía en el sector, por lo que la UPZ tiene unas condiciones privilegiadas para localizar usos comerciales e industriales [50], convirtiéndola en una vía con gran tráfico vehicular que presenta flujo constante de vehículos de carga pesada y transporte público, que

resultan en problemas ambientales de contaminación atmosférica por la cantidad significativa de fuentes móviles.

Además de las áreas de actividad residencial, se debe destacar la proximidad a las curtiembres, actividades mineras, ladrilleras, chatarreras y canteras ubicadas en el límite oriental de la UPZ San Francisco las cuales generan contaminación del aire e indisposición general en la comunidad dados los fuertes olores, las enfermedades respiratorias y de la piel, la propagación de vectores como moscas y ratas [51].

3.2. FASE II: INVENTARIOS

3.2.1. Inventario de fuentes fijas

Se desarrolló para cada UPZ y para un área de influencia del contaminante de 700 metros a la redonda del punto de muestreo (Anexo A). Este inventario basado en el área de influencia del contaminante se realizó por medio de la herramienta Buffer del software ArcGIS 10.5.

Para el inventario de fuentes fijas, se realizó una recopilación de información primaria y secundaria que permitiera determinar la cantidad de industrias que podrían estar emitiendo plomo a la atmósfera de acuerdo a su proceso productivo. Los inventarios compilan datos básicos como las coordenadas y la dirección de las industrias, nombre de la empresa, cantidad y tipo de industria; en el área ya establecida para cada colegio se concentran establecimientos económicos que pueden ser generadores del metal mencionado anteriormente y de una u otra forma contribuyen al incremento de las concentraciones en el aire.

Con las áreas para cada punto de muestreo ya definidas, se solicitó el inventario de fuentes fijas a la SDA y el Mapa de Industria y Ambiente a la SDS, que cuentan con una última actualización del 2014 y que contienen información sobre las industrias en las 21 localidades de Bogotá. Las bases de datos se utilizaron con el fin de cruzar la información y así estimar el número de industrias de interés para cada punto de muestreo.

Una vez realizada la selección de las empresas de interés se efectuó un filtro por actividad económica y por el código de CIIU teniendo en cuenta criterios de selección como: las industrias cuyas materias primas e insumos contengan Pb y que sus actividades puedan emitir este metal, en el Anexo B se relacionan las principales actividades y tipos de industria seleccionados de acuerdo al código CIIU Revisión 4 adaptado para Colombia.

Luego, con las bases de datos de la SDA y SDS ya cruzadas se realizó la verificación en campo de cada industria en diciembre del 2018, visitando las áreas ya delimitadas para cada punto de muestreo con el fin de poder georreferenciarlas.

Una vez terminada la verificación, fue posible conocer la inexistencia de varias empresas en los perímetros ya establecidos para cada colegio, ya que algunas se encontraban en la base de la SDA, pero no en la de la SDS, y viceversa. También se evidenció que unas industrias habían sido reemplazadas por actividades

económicas diferentes a las de interés en esta investigación o dejaron de existir desde la última actualización del 2014 de la SDA y la SDS, por lo que fueron eliminadas de los inventarios.

3.2.2. Inventario de fuentes móviles

Debido a que no fue suministrado por la Secretaría de Movilidad, se realizó un aforo en corredores viales principales cercanos a los puntos de muestreo. Ya que, diferentes informes de la Secretaría Distrital de Ambiente, han corroborado la carga contaminante que tienen los vehículos sobre la calidad del aire [52].

Para la elaboración del aforo, se seleccionaron los corredores viales con mayor flujo vehicular cercanos a cada punto de muestreo: para el Colegio San José (ubicado en la localidad Los Mártires), la Av. carrera 30 y para el Colegio Cofraternidad de San Fernando (ubicado en la localidad Ciudad Bolívar) la Av. Boyacá.

Para el Colegio San José, fue necesario establecer dos puntos de conteo, pues el flujo vehicular en ambos sentidos era complicado de contar desde una sola ubicación, sin embargo, en el caso del Colegio Cofraternidad de San Fernando un solo punto permitió observar el tránsito tanto en sentido sur-norte como norte-sur.

El aforo se realizó en la tercera semana del mes de febrero de 2019 en la localidad Los Mártires y la cuarta semana del mismo mes en la localidad Ciudad Bolívar. Se seleccionaron tres días de la semana que se consideraron como representativos, los cuales fueron: lunes, miércoles y sábado; siendo lunes y miércoles los días que permiten dar un estimativo del comportamiento general del tráfico entre semana, mientras que el sábado, fue seleccionado debido a que durante los fines de semana (sábados, domingos y festivos) el flujo vehicular de Bogotá tiene un comportamiento diferente por diferentes factores como la inexistencia del pico y placa, los cambios en los horarios de servicios de transporte público, diferentes transportes del sector comercial, entre otros.

Durante los días de aforo se hizo el conteo de vehículos durante seis horas divididas en tres jornadas, cada una de dos horas, como lo muestra la tabla 3-1.

Tabla 3-1. Jornadas aforo vehicular

Jornada	Horario
1	7 a.m.- 9 a.m.
2	1 p.m.- 3 p.m.
3	5 p.m.- 7 p.m.

Fuente: Autores

Las jornadas 1 y 3 corresponden a horarios “pico” donde el tránsito es mayor, mientras que la jornada 2 corresponde a horarios “valle” durante los cuales el número de vehículos transitando por la ciudad se considera que es menor.

Para el conteo de vehículos se utilizó un método manual, ubicando un grupo de tres personas responsables de realizar dicho conteo en cada sentido del tráfico. El

conteo se realizó clasificando los vehículos en cuatro categorías (Anexo C), establecidas a partir de las utilizadas por el Instituto Nacional de Vías [53].

Adicionalmente, se midió la velocidad promedio del tránsito, en donde se seleccionaron vehículos de forma aleatoria y se tomó el tiempo que tardaban recorriendo un tramo de 100 metros, dando como resultado una velocidad promedio de 30 Km/h en la Av. Boyacá y 40 Km/h en la Av. Carrera 30.

La información obtenida en el aforo (Anexo D), fue procesada junto a revisiones bibliográficas referentes a factores de emisión de fuentes móviles, para estimar el impacto que éstas fuentes tienen sobre la calidad del aire. Basados en una investigación realizada [54], se establecieron los siguientes factores de emisión, como se muestra en la tabla 3-2, para cada una de las cuatro categorías de vehículos establecidas.

Tabla 3-2. Clasificación de vehículos

Vehículo	Tipo Combustible	Factor de emisión PM₁₀ (g/km)
Carga Pesada	Diésel	0,215
Servicio Publico	Diésel	0,153
Particulares	Gasolina	0,0017
Motos	Gasolina	0,035

Fuente: [54]

3.3. FASE III: MUESTREO DE MATERIAL PARTICULADO

Para el muestreo y posterior análisis de los datos, es de suma importancia tener en cuenta los datos meteorológicos, ya que determinan la dinámica del contaminante en el aire. Estos datos fueron suministrados por la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, donde se seleccionaron por su proximidad a la zona de estudio las estaciones de Tunal, Ministerio de Ambiente, San Cristóbal, Carvajal y Puente Aranda. Los parámetros que, por su relevancia y según estudios anteriores, se tuvieron en cuenta fueron la temperatura, la dirección y velocidad del viento y la humedad relativa, esto con el fin de establecer las correlaciones necesarias para la investigación.

3.3.1. Selección y preparación de filtros

De acuerdo con la metodología IO 3.1 de la USEPA (Anexo E) y teniendo en cuenta el propósito de la investigación junto con las características más relevantes de cada filtro, se escogieron los filtros de fibra de cuarzo para PM₁₀ 8"X10", ya que se constituye como el de uso más amplio en la determinación de la carga masiva, gracias a su estabilidad del peso con respecto a la humedad, lo que le proporciona una alta eficiencia y permite la recolección de partículas en suspensión prácticamente de cualquier tamaño y descripción [55].

De igual manera, las características típicas de los filtros de fibra de cuarzo son: un contenido de alta pureza, aglutinante por debajo de 5% (cero para los tipos sin aglomerante), espesor de aproximadamente 0,5 mm, una superficie sin poros y asignación de no más de 0,05% de partículas de humo que pasan a través del filtro a una presión de 100 mm de agua con un caudal de 8,53 m/min (28 pies/min) [55].

3.3.1.1. Preparación

Los filtros deben estar libres de defectos específicos, la metodología de la USEPA (1999) IO 3.1 recomienda verificar entre cuatro tipos de desperfectos: estenopeica, material o partículas de suciedad adicional sueltos en el filtro, decoloración y cualquier falta de uniformidad visible en la apariencia del filtro que pudiese indicar gradaciones en la porosidad.

Inicialmente, los filtros fueron inspeccionados, rotulados y acondicionados en el laboratorio de la Universidad de La Salle CTAS durante 24 horas antes de su pesaje, para ello fueron ubicados en un desecador durante 24 horas y luego fueron pesados en un cuarto de pesaje con condiciones ambientales controladas de temperatura y humedad ($T 25 \pm 10$ °C y humedad relativa <50%) en una balanza analítica de cinco dígitos para así obtener el peso inicial y final de los filtros. Para la realización de este proyecto se utilizaron 37 filtros, 18 para cada punto de muestreo más un blanco para el análisis de metales pesados, posteriormente los filtros que fueron impactados fueron desecados y pesados en las mismas condiciones iniciales señaladas.

Cabe resaltar que durante el pesaje de cada uno de los filtros se realizó un control de calidad el cual consistió en realizar el pesaje de los filtros con intervalos de medición procurando obtener un porcentaje de error menor al 1,5% (ecuación 1).

$$e\% = (P_1 - P_2) * 100 \quad (1)$$

Donde:

$e\%$: porcentaje de error relativo

P_1 : dato del peso menor registrado en la balanza

P_2 : dato del peso mayor registrado en la balanza

Luego de obtener el porcentaje de error relativo (Anexo F), el dato que se tomó como peso inicial o final de cada filtro fue P_1 .

▪ Cadena de custodia

Los filtros de fibra de cuarzo utilizados en el muestreo de PM_{10} , diariamente, tras su recolección (Anexo G) fueron doblados en cuatro secciones siempre desde el lado más largo primero; posteriormente eran depositados en una bolsa de aluminio y ésta a su vez se introducía en un sobre de manila que contenía el rotulado (Anexo H) y la información correspondiente al filtro.

Estos sobres eran manipulados siempre con guantes de nitrilo cuidadosamente, en su recolección y en el pesaje. Para mantener la temperatura de 6°C de los filtros, se transportaron en nevera [34].

3.3.2. Equipos e insumos

Para la medición, se utilizaron dos equipos medidores de alto volumen marca Thish Environmental con controlador de flujo tipo másico. Para la adecuación de estos equipos en cada uno de los colegios, se tuvo en cuenta que la disponibilidad eléctrica asegurara un voltaje de 110V y para evitar la fluctuación de energía, se conectaron directamente a un regulador de voltaje, además, se aseguró la protección de las conexiones contra factores como lluvia y radiación solar.

3.3.2.1. Calibración de equipos

Con el fin de garantizar que el muestreo de las partículas respirables sea representativo, se requiere que el equipo muestreador trabaje siempre bajo unas mismas condiciones, para lo cual es necesario antes realizar un proceso de calibración del equipo [56].

La calibración se fundamenta en la posición del dispositivo de control de flujo que permita una aspiración de aire en el rango deseado, es decir de 1,02 a 1,24 m³/min. En resumen, la calibración del equipo consiste básicamente en una verificación del flujo y debe ser calibrado cada vez que se realice una instalación en nuevo punto de monitoreo [56]. El procedimiento que se siguió para la calibración se evidencia en el Anexo I.

La verificación del equipo se realizó con un Kit de Calibración (figura 3-1), con una resistencia de flujo variable, la cual es un tubo metálico con un par de discos que permiten obtener varias aberturas al girar uno de los discos; este Kit de Calibración posee la respectiva ecuación de calibración con su respectiva curva [57]. Para medir los cambios de presión, se utilizaron dos manómetros de agua. Los datos para las curvas de calibración se muestran en el Anexo J, junto con las respectivas curvas.

Figura 3-1. Kit de Calibración para Hi-Vol



Fuente: [57]

3.3.2.2. Medición

El monitoreo atmosférico se realizó simultáneamente en los dos puntos de muestreo ubicados en cada uno de los colegios mencionados anteriormente durante 18 días consecutivos (desde el 24 de noviembre hasta el 11 de diciembre del 2018) como lo recomienda el “Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire” establecido por el MAVDT; las muestras fueron recolectadas diariamente a las 7:00

AM con una diferencia máxima de 15 minutos, esto con el fin de asegurar que el tiempo de muestreo realmente fuese de 24 horas.

Finalizado el tiempo de muestreo, el filtro se seca a 85°C por una hora en estufa, se lleva a temperatura ambiente en desecador y se pesa nuevamente. La diferencia de peso, es la masa (μg) neta, que dividida por el volumen de aire (m^3) muestreado durante las 24 horas, determina la concentración de partículas, expresadas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [57].

Los filtros fueron pesados en el CTAS de la Universidad de La Salle bajo las mismas condiciones y protocolos de calidad que se mencionan en la sección "Filtro". El caudal fue verificado con las ecuaciones que se muestran en el Anexo K.

3.3.2.3. Análisis de laboratorio

La determinación gravimétrica de la concentración de material particulado se llevó a cabo en el CTAS, mientras que el análisis de los filtros para hallar la concentración de plomo se realizó en el LIAC (siguiendo las recomendaciones indicadas por este laboratorio para la entrega de las muestras).

Para realizar el análisis gravimétrico de los filtros se tuvieron en cuenta los valores obtenidos en el pesaje inicial y final de cada uno de ellos, para luego proceder a calcular la concentración de material particulado. Estos pesajes, como lo muestra la figura 3-2, se realizaron en el cuarto de pesaje del CTAS bajo las condiciones mencionadas en la Metodología IO 3.1 de la USEPA.

Figura 3-2. Pesaje de filtro impactado en balanza analítica del CTAS



Fuente: Autores

Para obtener la curva de calibración corregida y la concentración del material particulado, se utilizaron las ecuaciones consignadas en el Anexo L.

3.3.2.4. Determinación de la concentración

Los metales presentes en el material particulado se analizaron utilizando la metodología de la USEPA para el análisis de contaminantes inorgánicos en el aire (exactamente en el Método IO 3.5), el cual se basa en la determinación de elementos traza por plasma de acoplamiento inductivo/ espectrómetro de masas ICP/MS; este se desarrolló en el LIAC de la Universidad de La Salle.

Durante el desarrollo de este procedimiento se realiza una digestión ácida de los filtros utilizando ácido clorhídrico al 5,55% y ácido nítrico al 16,75%. Previo a esta digestión, se realiza un corte a cada uno de los filtros y una filtración antes de ser llevados a un espectrómetro compacto de emisión ICP ICAP 6300 [58].

Para hallar los valores de las concentraciones en cada uno de los filtros analizados se utilizó la ecuación (2).

$$C_{(m)} = Cl_{(m)} * W_f * V_{std} \quad (2)$$

Donde:

(*m*): metal que se está determinando (Pb)

$C_{(m)}$: Concentración de cada metal pesado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

$Cl_{(m)}$: Concentración de la traza dada por el laboratorio ($\mu\text{g}(\text{m})/\text{Kg}$ filtro)

W_f : peso final del filtro (g)

V_{std} : Volumen estándar de muestreo (m^3)

3.3.3. Índice de Calidad del Aire

El ICA es un valor adimensional para reportar el estado de la calidad del aire en función de un código de colores (tabla 3-3) al que están asociados unos efectos generales (Anexo M) que deben ser tenidos en cuenta para reducir la exposición a altas concentraciones por parte de la población [59].

Tabla 3-3. Índice de Calidad del Aire

RANGO	COLOR	ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE
0-50	Verde	Buena
51-100	Amarillo	Aceptable
101-150	Naranja	Dañina a la salud de grupos sensibles
151-200	Rojo	Dañina para la salud
201-300	Púrpura	Muy dañina para la salud
301-500	Marrón	Peligroso

Fuente: [59]

Se calcula a partir de la ecuación:

$$ICA = \frac{I_{HI} - I_{LO}}{BP_{HI} - BP_{LO}} (C_i - BP_{LO}) + I_{LO} \quad (3)$$

Donde:

C_i : concentración medida para el contaminante

BP_{HI} : punto de quiebre de la concentración en el límite superior de la categoría del ICA

BP_{LO} : punto de quiebre de la concentración en el límite inferior de la categoría del ICA

I_{HI} : valor del índice en el límite superior de la categoría del ICA

I_{LO} : valor del índice en el límite inferior de la categoría del ICA

En la tabla 3-4, se muestran los puntos de corte de la ecuación (3).

Tabla 3-4. Puntos de corte del ICA para PM_{10}

ICA	PUNTO DE CORTE PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0-50	0-54
51-100	55-154
101-150	155-254
151-200	255-354
201-300	355-424
301-500	425-604

Fuente: [59]

3.4. FASE IV: MUESTREO DE CONTAMINANTES BIOLÓGICOS

3.4.1. Selección y preparación de medios de cultivo

Para la preparación de los medios de cultivo, se procedió a realizar el cálculo de la cantidad de agar requerido para el número de cajas de petri teniendo en cuenta la frecuencia de muestreo. Previamente, se estableció el número de cajas de petri necesarias para los muestreos contando con que eran dos puntos de muestreo con su respectiva réplica, y que, para cada caja de petri el volumen de medio de cultivo era de 20 ml por cada una, de esta manera conociendo el volumen del medio y el número de cajas se establece por medio de la ecuación (4), el volumen total requerido para el muestreo:

$$\text{Volumen (ml)} = \# \text{cajas Petri} * 20 \text{ ml/caja de Petri} \quad (4)$$

Luego de establecer el volumen requerido, se procedió a la preparación del medio siguiendo las especificaciones de la casa comercial correspondiente para cada agar selectivo (Anexo N).

▪ Codificación de las muestras

Cada muestra de bioaerosoles fue rotulada con una codificación única, para tener identificado el tipo de agar, jornada, día y si era un duplicado, esto con el fin de evitar sesgos o errores al momento de realizar el análisis y conteo de colonias de las muestras. El esquema de rotulado es el que se muestra a continuación en la tabla 3-5.

Tabla 3-5. Descripción de la codificación de las muestras

X	D	1	Y	R
Tipo de Medio de cultivo	Día de muestreo	Jornada del día	Punto de muestreo	Réplica
S: Agar Sangre Sb: Agar Saboureaud E: Agar EMB	Numeración del 1 al 18, siendo el 1 el primer día y 18 el último	1 o 2, siendo: 1: 6:30 am (mañana) 2: 6:30 pm (tarde)	M: Los Mártires CB: Ciudad Bolívar	R: si se trata de una réplica del medio

Fuente: Autores

De modo que, por ejemplo, la codificación **S-5-J1-M-R**, hace referencia a la muestra duplicada tomada en agar Sangre, el quinto día (28 de noviembre de 2018) a las 6:30 am en el Colegio San José en la localidad de Los Mártires.

▪ **Cadena de custodia**

Una vez tomada y rotulada la muestra, esta se envolvía en papel vinipel y se almacenaba en una nevera con geles refrigerantes, lo cual permitió su conservación hasta la incubación. Salvo ciertas excepciones como los días sábado y domingo que siempre tras realizar el muestreo en la mañana (jornada 1) inmediatamente se llevaban a incubar dichas muestras junto con las de la jornada 2 del día anterior.

3.4.2. Medición

Para la recolección de muestras se utilizaron dos equipos de monitoreo microbiológico de aire MAS-100 ECO, del laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás y el CTAS.

El método utilizado para esta medición, fue el de impactación de Andersen, que consiste en aspirar el aire mediante una tapa perforada; un ventilador radial, controlado por un sensor de flujo, que regula con precisión el flujo de aire en tiempo real. El aire aspirado impacta con un medio de crecimiento en una placa de contacto. Dentro de dicha tapa perforada se encuentra una caja de petri con el medio de cultivo seleccionado. El equipo opera con un caudal constante de 100 litros por minuto; regulándolo automáticamente de acuerdo a la presión y temperatura ambiental. Si la corriente de aire es irregular a causa de factores externos, o bien fuera limitada por cajas de petri sobrecargadas, la cantidad de aire es automáticamente reajustada [22].

El total de muestras recolectadas por cada medio de cultivo fue de 144 para ambos colegios, con análisis por duplicado para 18 días de muestreo:

$$(2 \text{ medios/jornada}) * (2 \text{ jornadas}) * (18 \text{ días}) * (2 \text{ colegios}) \quad (5)$$

$$= 144 \text{ muestras por medio de cultivo}$$

Con el fin de seleccionar el volumen de aire adecuado de acuerdo al crecimiento presentado y de este modo evitar saturar el medio, se realizó un muestreo preliminar

utilizando los 3 medios de cultivos (Sangre, EMB, Sabouraud) para definir la metodología de muestreo por un periodo de dos (2) días, así mismo se definió la hora y localización de los sitios de muestreo más representativos con óptimas condiciones en términos de seguridad del equipo y las muestras.

El muestreo se realizó por un periodo de 18 días de manera consecutiva entre los meses de noviembre y diciembre (24 de noviembre a 11 de diciembre) en los puntos definidos. Dado que los componentes de los bioaerosoles presentan concentraciones con una variación considerable, se requiere que el número de muestras a tomar sea suficientemente grande y representativa, así que se realiza cada muestra con duplicado y de manera simultánea, con el fin de poder obtener resultados fiables [60], razón por la cual se establecieron dos jornadas de toma de muestras en intervalos de 12 horas (6:30 am y 6:30 pm) en cada colegio, recolectando las muestras con un volumen de aire de 100 litros/minuto.

3.4.3. Identificación de microorganismos

Para la identificación de los microorganismos se usaron los siguientes medios de cultivo: Sabouraud Dextrose Agar y Plate Count Agar (PCA) considerados como ideales para recuperar gran población de microorganismos. Estos fueron incorporados en el equipo MAS-100 ECO el cual mediante succión absorbe material de interés para el estudio. Al final del muestreo se obtuvieron 432 cajas de petri en total para los dos medios, posteriormente se dejaron 48 horas en incubación y luego se seleccionaron las colonias a conveniencia para el estudio.

El criterio de selección de microorganismos aislados fue cualitativo y cuantitativo para lo cual se determinaron aquellos que aparecían con mayor frecuencia y con características propias de cepas de interés (Anexo O).

▪ Identificación de bacterias

Se hizo teniendo en cuenta tres aspectos: características macroscópicas, microscópicas y bioquímicas. Dichos aspectos se consideran clave para la correcta identificación microbiana. Para la identificación, se seleccionaron cajas de medio PCA para el aislamiento de unidades formadoras de colonia (UFC) con características macroscópicas típicas de bacterias, ya que componentes como levadura, triptona y glucosa proporcionan los nutrientes para el desarrollo metabólico apropiado de los microorganismos.

Para la selección macroscópica de las colonias se tuvo en cuenta aspectos como el diámetro, color, textura y forma, los cuales dan lugar a una orientación básica sobre el microorganismo presente en el medio. Determinados dichos aspectos se procedieron a realizar el aislamiento masivo con asa redonda en agar Sangre y Agar con Eosina y Azul de Metileno (EMB). Estos medios se incubaron durante 24 a 48 horas a 37°C, pasado este tiempo se retiraron con el fin de realizar el paso correspondiente a identificación microscópica.

La fase de microscopía para identificación bacteriana se basa en la tinción de Gram, esta se considera la técnica estándar que permite clasificar las bacterias en Gram

negativas o Gram positivas acorde con la afinidad del microorganismo por los colorantes teniendo en cuenta los componentes de la membrana como el Peptidoglicano (PEP); en bacterias Gram positivas el PEP en la membrana se encuentra en mayor proporción a diferencia de las Gram negativas que adicionalmente cuentan con una pared de mayor tamaño. La tinción comprende cuatro colorantes que son Cristal violeta, Lugol, Alcohol y Fucsina [26].

La coloración se realizó Cristal violeta, Lugol, Alcohol y Fucsina, respectivamente y con intervalos de tiempo correspondientes a 2 minutos, 1 minuto, 30 segundos y 1 minuto. El Cristal violeta es el colorante que penetra la pared celular e ingresa a formar enlaces con el PEP mientras el lugol retiene su ingreso razón por la cual tiñe de violeta las bacterias Gram positivas, por otra parte, el alcohol cierra poros en las bacterias ya teñidas y rompe la barrera en la bacteria no teñida permitiendo finalmente el ingreso de la fucsina dando lugar a la tinción de las Gram negativas [61]. Adicional a la diferencia de color es posible observar formas equivalentes a Cocos, Bacilos y Cocobacilos. La observación se hizo con objetivo de 100x y aceite de inmersión.

Obteniéndose la forma y coloración del microorganismo se procedió a realizar el aislamiento por agotamiento con asa recta en medio Sangre para microorganismos Gram positivos y EMB para Gram negativos; con el fin de conseguir UFC bien delimitadas y dar lugar al montaje de las pruebas API. Este sistema de identificación automatizado cuenta con 20 cúpulas y cada una de estas posee un sustrato diferente que, dependiendo el metabolismo del microorganismo, usará o no; esta reacción da como resultado cambio de color considerándose este como positivo. Para la siembra del microorganismo es necesario previamente hacer una dilución con una cantidad de UFC en solución salina proporcionada por el kit, el llenado de las cúpulas se realizó acorde a la descripción del manual de uso proporcionado por la casa comercial bioMerieux. Cabe destacar que algunas cúpulas requieren reactivos para su revelado como Kovacs, VPa, VPb y ADH. El periodo de incubación fue de 18 a 24 horas. En la figura 3-3, se pueden observar dichas tinciones.

Figura 3-3. Tinciones de gram

	ONPG	ADH	LDC	ODC	[CIT]	H ₂ S	URE	TDA	IND	[VP]	[GEL]	GLU	MAN	INO	SOR	RHA	SAC	MEL	AMY	ARA	OX
Negativo																					
Positivo																					

Fuente: [62]

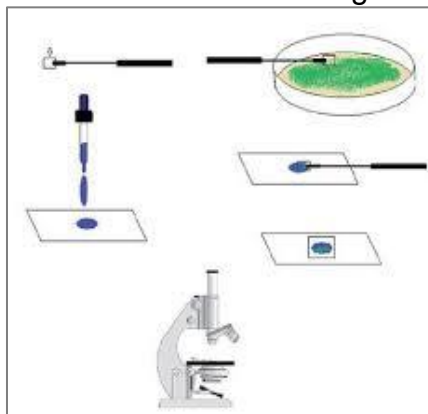
▪ Identificación de hongos

La identificación de microorganismos fúngicos se hizo mediante macroscopía y microscopía ya que al visualizar con el objetivo de 40x es posible evidenciar estructuras distintivas entre géneros y especies. El medio Sabouraud permitió la recuperación de diversos hongos predominantes en el medio ambiente, la selección de estos se hizo teniendo en cuenta las colonias por el anverso y el reverso de las cajas. Como criterio de exclusión se tuvo que algunas colonias estaban contaminadas por otras y algunas se repetían con bastante frecuencia en las cajas muestreadas.

Macroscópicamente se tuvo en cuenta aspectos como el diámetro, color, textura, anverso y reverso de las cajas, los cuales brindan una orientación hacia el posible hongo a identificar, nuevamente se realizó siembra de las colonias seleccionadas a medio Sabouraud, pero delimitando la zona de la cual se tomó la muestra procurando que fuera el centro del hongo ya que estos crecen radialmente. Las cajas se incubaron durante 5 días en un rango de temperatura entre 20 a 25°C. Pasados estos días se retiraron de la incubadora para realizar el montaje en fresco y hacer posible la visualización al microscopio.

Para la observación microscópica se usó el colorante azul de lactofenol que tiñe las estructuras micóticas haciendo visible la presencia de hifas, conidias, fiálides, entre otras. Este colorante se encuentra compuesto por tres soluciones que son el fenol actuando como inhibidor de flora acompañante; más específicamente bacterias, ácido láctico que conserva las estructuras ya que estas son susceptibles a la manipulación con las asas y finalmente el azul de algodón que tiene afinidad principalmente por la quitina, siendo este el componente principal de la pared celular [63]. El montaje se realizó poniendo una gota de Azul de Lactofenol en una lámina, sobre este se puso la muestra proveniente del aislamiento y finalmente se sobrepuso una laminilla para generar el montaje en fresco. La visualización microscópica se hizo inmediatamente y con objetivo de 40x. La ayuda de la clave dicótoma para hongos hizo posible la correcta identificación acorde a las estructuras presentes en el montaje. En la figura 3-4, se observa gráficamente el procedimiento mencionado.

Figura 3-4. Procedimiento para identificación de hongos



Fuente: [63]

4. DESARROLLO CENTRAL

4.1. INVENTARIOS

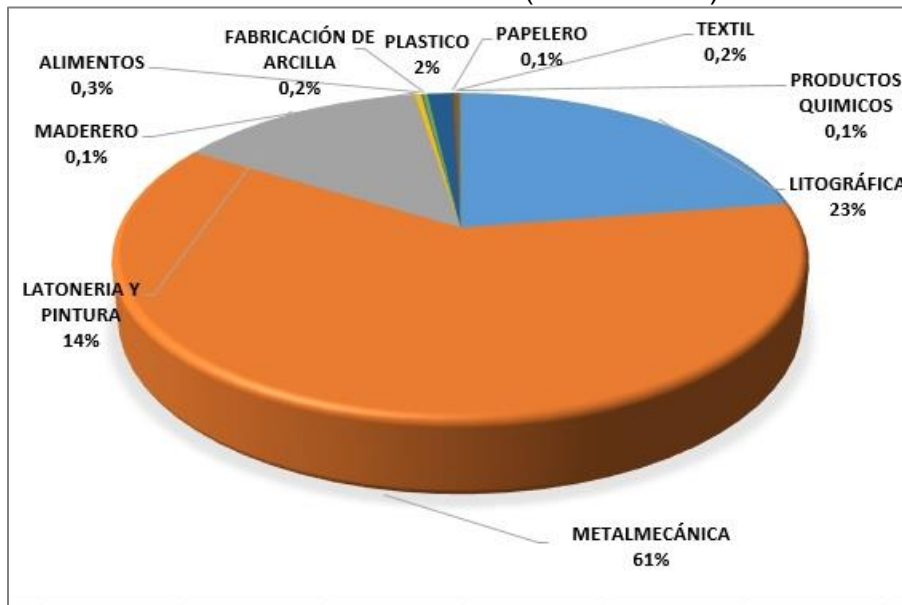
4.1.1. Fuentes fijas

Como resultado de la actualización del inventario (Anexo P), se obtuvieron en total 315 y 876 industrias en las UPZ de San Francisco (Ciudad Bolívar) y La Sabana (Los Mártires), respectivamente.

Mientras que, en el área de influencia del contaminante respecto al punto de muestreo (correspondiente a un perímetro de 700m), se obtuvieron en total 214 y 286 industrias para los puntos de muestreo de las UPZ San Francisco (Ciudad Bolívar) y UPZ La Sabana (Los Mártires), respectivamente.

En la figura 4-1, se muestra la cantidad de industrias, según su clasificación, en el área de influencia del punto de muestreo en Los Mártires.

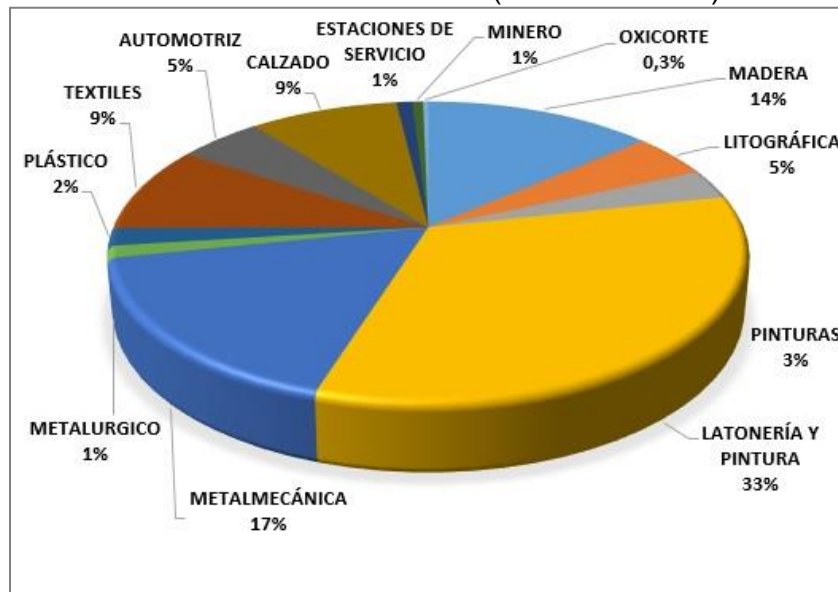
Figura 4-1. Industrias en el área de influencia (Los Mártires)



Fuente: Autores

En la figura 4-2, se muestra la cantidad de industrias, según su clasificación, en el área de influencia del punto de muestreo en Los Mártires.

Figura 4-2. Industrias en el área de influencia (Ciudad Bolívar)



Fuente: Autores

Estas industrias se clasificaron por actividad industrial que puede generar emisiones de plomo y microorganismos al ambiente. Las concentraciones encontradas en la localidad de Los Mártires también son generadas por actividades como quema de basuras por parte de habitantes de la calle, debido a que la quema de residuos sólidos se produce al nivel del suelo, por lo tanto, la probabilidad de que estos contaminantes no se dispersen es muy alta. La quema de los residuos sólidos genera emisiones de tres tipos de contaminantes al ambiente: metales pesados, químicos tóxicos productos de la combustión incompleta y nuevos químicos formados en el proceso de incineración [64].

Dentro de las industrias encontradas, 589 son de metalmecánica las cuales generan diferentes tipos de gases y emisiones al ambiente debido a los hornos que utilizan en su proceso productivo, dentro de estas emisiones están el monóxido de carbono, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y material particulado que contiene diferentes componentes, entre esos, metales pesados.

Además, se encontró una industria de oxicorte emitiendo humos metálicos, NO_x, CO y CO₂, O₃ y otros gases en general dependiendo del tipo de soldadura [65].

Finalmente, Los Mártires cuenta con menor cantidad de industrias, pero con gran importancia para la medición como las de alimentos y plásticos que generan partículas en suspensión en sus procesos al usar ciertos insumos; las demás industrias, también son importantes generadoras de material particulado, sólo que la cantidad de estas, puede que no llegue a ser tan significativa

En el caso de la localidad de Ciudad Bolívar, en la parte de Lucero no se encuentran industrias debido a que es zona residencial, mientras que en la parte oriental de la localidad están ubicadas las curtiembres.

Las mayoría de industrias encontradas son de metalmecánica, seguidas por la industria textil con 31 establecimientos de los cuales 12 son curtiembres que, además de muchos impactos ambientales que generan, en sus etapas iniciales del proceso productivo, son grandes aportadores de bioaerosoles por toda la actividad animal, seguido de malos olores, emisiones al ambiente de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno (producto de calderos) y compuestos de azufre; cabe aclarar que, por los gases que emite se inactivan muchos microorganismos presentes en el aire [66].

También se cuenta con muchas industrias generadoras de material particulado, como latonería y pintura, madera (que, dependiendo de los insumos y del proceso, puede generar emisión de bioaerosoles).

En el área de influencia hay 3 estaciones de servicio en las que se está expuesto a gas oil y naftas, que contienen pequeñas cantidades de benceno, tolueno, xileno y algunas veces plomo [67].

4.1.2. Fuentes móviles

Para el cálculo del promedio diario del número de vehículos aforados, se realizó una interpolación con los datos registrados en las 6 horas de campaña de muestreo para así obtener un valor aproximado de 24 horas, en el caso de las horas de la madrugada se tomó la mitad del resultado de la interpolación entendiendo que el flujo vehicular disminuye considerablemente.

De acuerdo a este resultado, se encontró que en los dos puntos la mayor concentración de vehículos es de tipo particular, en el punto de la Carrera 30 estos pasan más del 50%, mientras que en la Av. Boyacá no alcanzan a este valor. Para la Av. Boyacá se encontró que el flujo de motos es bastante alto con respecto al de la Carrera 30.

En los sábados (día representativo de los fines de semana), se encontró importante que, en la Av. Boyacá, el flujo de vehículos de carga pesada aumenta con respecto al resto de la semana, mientras que el resto se mantuvo en el promedio. En la Carrera 30, el sábado no varía mucho respecto a los datos de los demás días. En la tabla 4-1, se muestra el porcentaje respectivo para cada jornada de cada tipo de vehículo, en cada punto.

Tabla 4-1. Distribución porcentual de los tipos de vehículo en cada jornada

Carrera 30												
	Particulares (%)			Motos (%)			Carga pesada (%)			Servicio público (%)		
Día	L	M	S	L	M	S	L	M	S	L	M	S
J1	55,3	53,8	57,0	34,9	35,5	34,1	4	4,6	4,4	5,6	6,1	4,5
J2	65,3	61,9	60,1	24,9	25,9	31,9	6,0	7,4	3,8	3,8	4,8	4,2
J3	51,6	49,9	65,7	40,6	41,5	26,3	2,4	3,0	3,6	5,4	5,6	4,4
Av. Boyacá												
	Particulares (%)			Motos (%)			Carga pesada (%)			Servicio público (%)		
Día	L	M	S	L	M	S	L	M	S	L	M	S
J1	47,4	49,6	42,6	24,8	24,5	26,5	17,0	15,6	22,5	10,9	10,3	8,4
J2	45,9	46,3	32,8	25,6	25,3	37,5	17,7	17,4	19,6	10,7	11,0	10,1
J3	37,1	40,0	40,2	45,2	40,9	30,3	9,1	10,4	20,5	8,7	8,7	9,0

Fuente: Autores

Durante las fechas del aforo, en la localidad de Los Mártires, se contó con un día especial de mitigación ambiental por alerta naranja en la ciudad, el cual consistió en no permitir la circulación de los vehículos y motos terminados en números pares desde las 6:00 a.m. hasta las 7:30 p.m.

En la tabla 4-2, se muestran los porcentajes obtenidos durante este día, los cuales demuestran que, respecto a un día sin la restricción, aumenta la cantidad de todo tipo de vehículo menos el transporte público en la jornada 1; en la jornada 2, disminuyen las motos y la carga pesada, pero se aumenta significativamente el servicio de transporte público. Con respecto al sábado, disminuyen las motos a la mitad, pero se triplica la carga pesada; todo esto puede deberse a época del año, a los vehículos con restricción (tal vez los terminados en números impares hubieran reflejado un comportamiento totalmente diferente). Informes como el del “día sin carro y sin moto” señala que esta medida implicó una reducción del 21 % en el PM₁₀ del aire de Bogotá [52].

Tabla 4-2. Distribución porcentual de los tipos de vehículos en día de pico y placa ambiental

Tipo de vehículo	J1	J2	J3
Particulares	65,2	66,4	67,2
Motos	24,1	18,4	22,6
Carga pesada	6,7	4,8	6,2
Servicio publico	3,9	10,4	4,0

Fuente: Autores

Para poder evaluar las emisiones por cada tipo de vehículo, se realizó el cálculo del factor de emisión. El cálculo de las emisiones estimadas para el día de la restricción (tabla 4-3), demostró que las emisiones estimadas se reducen en un 76%, al igual que el día sin ninguna restricción, para el caso de las motos se observa una mayor reducción de la cantidad de material particulado generado, sin embargo estas siguen siendo las que más emisiones aporta a la atmósfera para el punto ubicado

en la Carrera 30, esto se debe a que el número que de motos que transitaron ese día sigue siendo lo suficientemente para generar altas emisiones.

Tabla 4-3. Emisión estimada día con pico y placa ambiental

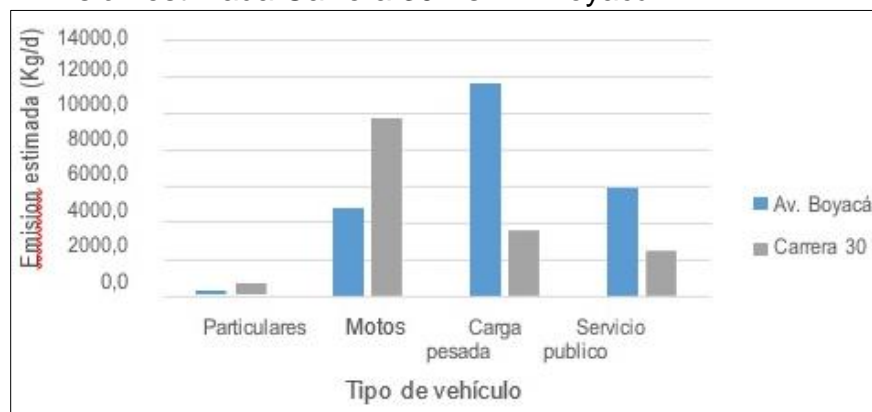
Tipo de vehículos	Promedio diario (aforo vehicular)	Velocidad promedio (Km/h)	Factor de emisión (g/Km)	Emisión (Kg/d)	Reducción
Particulares	35521	25	0,01	213,1	70%
Motos	11805	27	0,22	1682,9	83%
Carga pesada	3217	16,55	1,02	1303,5	64%
Servicio público	3126	21	0,48	756,2	69%
TOTAL				3955,8	76%

Fuente: Autores

De acuerdo con los resultados obtenidos (Anexo Q) al realizar la estimación de la emisión por tipo de vehículo en cada uno de los puntos aforados, se encontró (figura 4-3) que el tipo de vehículo que más aporta material particulado en el punto ubicado en la Carrera 30 son las motos. Por otra parte, en el punto de la Av. Boyacá, el tipo de vehículo que más aporta son los de carga pesada.

Comparando las estimaciones del aporte de material particulado estimado entre la Carrera 30 y la Av. Boyacá, se encontró que las emisiones en la Av. Boyacá superan en un 26% a las emisiones calculadas para la Carrera 30, esto se debe principalmente a que en la Av. Boyacá circula una mayor cantidad de vehículos del tipo carga pesada, el cual, por las características del funcionamiento de su motor y el consumo del tipo de combustible genera una mayor cantidad de emisiones.

Figura 4-3. Emisión estimada Carrera 30 Vs Av. Boyacá

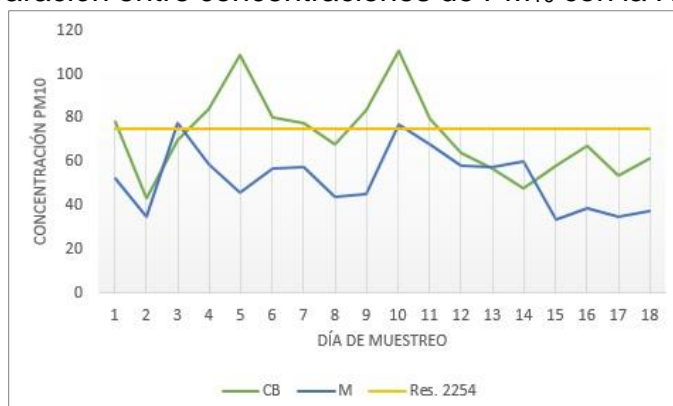


Fuente: Autores

4.2. CONCENTRACIONES DE PM₁₀

Las concentraciones de material particulado en los 18 días de muestreo (Anexo R), para los puntos de muestreo de Ciudad Bolívar y Los Mártires, registraron un promedio de 71,81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 52,233 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. En la figura 4-4, se muestran las concentraciones con respecto al límite de la norma (75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ diarios), donde se puede evidenciar que en varios días se supera, tanto en Ciudad Bolívar, como en Los Mártires, aunque en este último, en menor medida y con valores más bajos.

Figura 4-4. Comparación entre concentraciones de PM₁₀ con la Resolución 2254/17



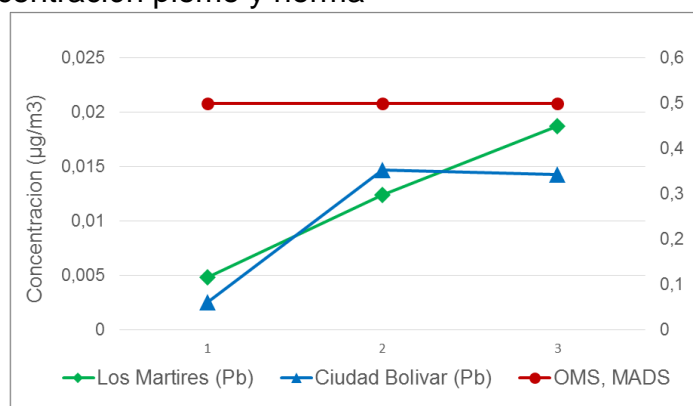
Fuente: Autores

Según el IBOCA, calculado para el punto de Ciudad Bolívar, fue de 11, lo cual indica que un estado de calidad del aire favorable. Mientras que, para el punto de Los Mártires, se obtuvo un IBOCA de 9, es decir estado de calidad del aire moderado. En los dos puntos, se obtuvo estado de actuación y respuesta de prevención (Anexo S).

Dicho índice, para este caso, en los dos puntos sugiere las siguientes recomendaciones: aprovechar los espacios al aire libre para realizar actividad física, ventilar la casa, si hay cerca vías sin pavimentar preferiblemente mojar la vía para evitar que el polvo se levante, eliminar humedad y/o presencia de hongos, evitar sustancias que contengan aerosoles, considerar reducir esfuerzos prolongados o pesados y utilizar en la medida de lo necesario, el transporte público.

En el caso de las concentraciones registradas para plomo (Anexo T), en la figura 4-5, se puede observar que el contaminante como tal no excede en ningún día y en ningún punto los límites permitidos para este, aunque sí se evidenciaron días en los que la concentración de material particulado excede la norma del MADS, esto puede ser debido a otras sustancias que lo componen.

Figura 4-5. Concentración plomo y norma



Fuente: Autores

A pesar de que las concentraciones de plomo no exceden los límites, esto no significa que la población no pueda presentar niveles de toxicidad por el metal. Teniendo en cuenta la Ley de Haber, el efecto se presenta de igual manera si la exposición al metal es a concentraciones bajas, pero por un tiempo prolongado [68].

4.3. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE

El ICA calculado para Ciudad Bolívar fue de 59, el cual se clasifica en la categoría aceptable de estado de la calidad del aire, esto indica posibles síntomas respiratorios en grupos poblacionales sensibles. Para Los Mártires, el ICA calculado fue de 47, en la categoría de estado de la calidad del aire buena, en la que la contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud.

4.4. IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS

Se aislaron e identificaron 15 familias de microorganismos, 9 en cada una de las zonas de interés, para ello se seleccionaron muestras representativas del día 1-6, 7-12 y 13-18 para cada uno de los agares.

De los 15 bioaerosoles aislados e identificados (8 bacterias, 5 hongos, 2 levaduras), se encontró mayor cantidad de cepas bacterianas respecto a hongos (Anexo U) lo que difiere en estudios realizados previamente, como Karbowska-Berent, ét. al. (2011) quienes sostienen que los microorganismos predominantes en aire ambiente son hongos dado que las esporas fúngicas tienen alta durabilidad ambiental, sin embargo algunos bacilos gram positivos han desarrollado mecanismos especializados muy potentes que les permite sobrevivir en circunstancias muy precarias (formación de esporas), generando un alto grado de resistencia al efecto letal del calor, desecación, congelación y alteraciones químicas en comparación a las esporas fúngicas las cuales son poco resistentes al calor [69]. A su vez, la pared celular de las bacterias gram positivas es más gruesa, está compuesta por varias capas y es bastante compleja lo que se refleja una mayor resistencia a las

variaciones en las condiciones ambientales [2], razón por la cual se evidenció un mayor número de bacterias que de hongos en la identificación realizada.

Los bacilos gram positivos encontrados en el estudio se asocian principalmente a infecciones cutáneas, respiratorias superiores, pleopulmonares y bronquiales, como neumonía, sinusitis, empiema, foliculitis y ántrax (tabla 4-4), siendo *S. aureus* y *S. epidermidis* los microorganismos de mayor interés, dada su relevancia médica, ya que dentro del género *Staphylococcus* estas son unas de las especies que se asocian con mayor frecuencia a enfermedades en el ser humano, siendo *S. aureus* el miembro más virulento y conocido del género [70]. Así mismo, estas bacterias son relativamente resistentes a los cambios de temperatura y se adaptan rápido al medio en donde se encuentran, lo que facilita su presencia en el medio ambiente y conlleva a que la población esté más expuesta. Por otra parte, los bacilos gram negativos *Acinetobacter baumannii* y *Ewingella americana* son patógenos oportunistas, que rara vez causan infecciones en humanos.

Se lograron identificar cinco géneros de hongos, dentro de los cuales *Microsporum* y *Trichophyton* se encuentran asociados a efectos alérgicos y principalmente a la dermatofitosis (infecciones micóticas cutáneas y subcutáneas), la cual puede afectar a la piel y faneras (pelo, uñas) de distintas partes del cuerpo [71]. Los tres géneros restantes están relacionados con enfermedades respiratorias y cutáneas, como la neumonía, sinusitis, bronquitis e infección de nódulos cutáneos (tabla 4-5). Dentro de los hongos identificados se encuentra el género *Aspergillus*, el cual se considera el de mayor importancia, dado que las especies pertenecientes a este género producen enfermedad en el ser humano por colonización de las vías respiratorias y posterior aparición de reacciones alérgicas, colonización de cavidades preexistentes o invasión tisular [70].

De los organismos identificados dos no presentaron crecimiento, y en uno de ellos no se logró determinar la estructura completa, por tanto, solo se pudo establecer la presencia de hifas estériles, esto se puede atribuir a condiciones ambientales las cuales no fueron favorables para el correcto desarrollo de dicho microorganismo.

Tabla 4-4. Identificación de microorganismos aislados

AGAR	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ENFERMEDADES ASOCIADAS
Sangre	S-6-J2-MR	Sin crecimiento	No aplica
	S-9-J1-MR	Bacilos Gram negativos - <i>Salmonella enteritidis</i>	Salmonelosis (no tifoidea), gastroenteritis.

	S-13-12-MR	<i>Aspergillus</i>	Aspergilosis, bronquitis, neumonía micetoma, empiema, endocarditis, pericarditis, infección superficial, infección cutánea, infección en nódulos subcutáneos, queratitis micótica, aspergilosis broncopulmonar alérgica, aspergilosis invasiva, sinusitis, aspergiloma, meningitis; Formas clínicas de micosis: pulmón, encéfalo, piel, tubo digestivo, corazón
	S-1-J2-CB	Bacilos Gram positivos - <i>Bacillus cereus</i>	Neumonía, intoxicación alimentaria, infecciones oculares, endocarditis, meningitis
	S-5-J2-CB-R	Bacilos Gram negativos - <i>Acinetobacter baumannii complex</i>	Neumonía, bronquiolitis, conjuntivitis, endoftalmitis, endocarditis, peritonitis
	S-18-J2-CB	Bacilos Gram negativos - <i>Pseudomonas luteola</i>	Peritonitis y endocarditis (pacientes con trastornos de salud o con dispositivos permanentes)
EMB	E-3-J1-CB	Cocos Gram positivos agrupados - <i>Staphylococcus epidermidis</i>	Infecciones supurativas, infecciones nosocomiales; impétigo, foliculitis, ántrax, heridas Infecciones diseminadas: endocarditis, neumonía, empiema.
	E-8-J2-CB-R	Cocos Gram positivos agrupados en racimo - <i>Staphylococcus aureus</i>	Sinusitis, Epiglotitis, otitis externa, otitis media, conjuntivitis, queratitis, endoftalmitis, endocarditis, miocarditis, pericarditis, impétigo, foliculitis, ántrax, osteomielitis, síndrome de piel escaldada, síndrome del shock tóxico.
	E-16-J1-CB-R	Bacilos Gram positivos - <i>Bacillus subtilis</i>	Intoxicación alimentaria

AGAR	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ENFERMEDADES ASOCIADAS
EMB	E-8-J1-M	Levaduras	Neumonía, criptococosis, criptococosis cutánea, bronquitis, endocarditis, infección en nódulos subcutáneos e infecciones orofaríngeas
	E-8-J2-M-R	Levaduras	Neumonía, criptococosis, criptococosis cutánea, bronquitis, endocarditis, infección

			en nódulos subcutáneos e infecciones orofaríngeas
	E-10-J2-M	Bacilos Gram negativos - <i>Ewingella americana</i>	Conjuntivitis, neumonía
SB	SB-10-J1-M-R	Sin crecimiento	No aplica
	SB-10-J1-M-R	<i>Penicillium</i>	Neumonía, queratitis, meningitis, peniciliosis, endoftalmitis, endocarditis,
			infecciones cutáneas y orofaríngeas. Efectos alérgicos; irritación de las vías respiratorias, asma, alergias respiratorias, reactividad cutánea, alveolitis alérgica extrínseca y neumonitis por hipersensibilidad
	SB-13-J2-M	<i>Microsporum</i>	Dermatofitosis
	SB-2-J1-CB-R	<i>Trichophyton</i>	Dermatofitosis. Efectos alérgicos; asma y rinitis (en individuos sensibilizados). Induce una respuesta alérgica eccematosa e inflamatoria en el huésped.
			No fue posible determinar estructura
SB-16-J1-CB	<i>paecilomyces</i>	Infecciones cutáneas y subcutáneas, absceso pulmonar (infrecuente), sinusitis.	

Fuente: Autores

4.5. CORRELACIONES

La estadística que se desarrolló, es la estadística inferencial o inductiva la cual utiliza técnicas que permiten procesar los datos y obtener conclusiones (o inferencias) que van más allá de del conocimiento que proporcionan los datos por sí solos [30], Con el fin de definir tendencias y poder correlacionar el grado de asociación entre las variables de interés.

Por el número de datos, se realizó la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, con una significancia de 90%, en donde los valores que superan la significancia ($p < 0,10$) indican que el comportamiento de la variable es normal, mientras que los que están por debajo de este valor, son de comportamiento no normal. Las variables de comportamiento normal tienen curvas de distribución con valores cercanos a la media y estos tienden a repetirse al oscilar en rangos muy pequeños. Las variables de comportamiento no normal, indican valores atípicos que crean sesgos en su curva de distribución que alejan sus datos de la media, los cuales tienen baja probabilidad de repetirse al oscilar en rangos muy grandes [72].

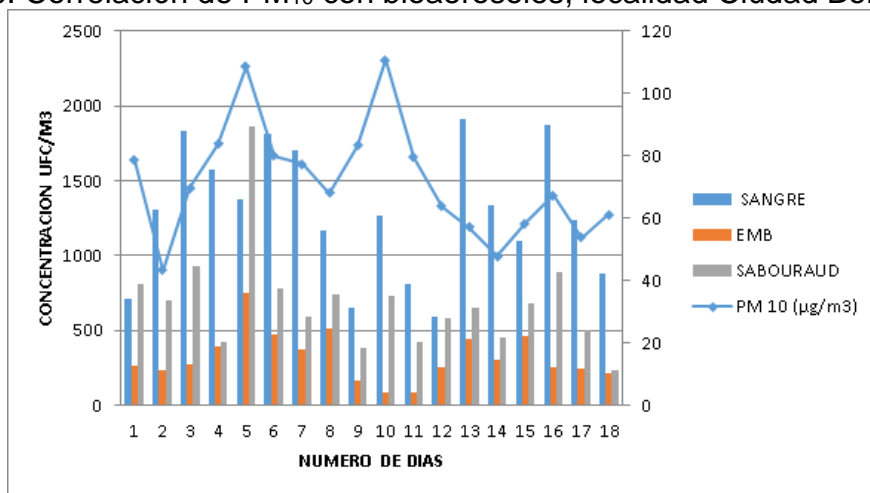
Para los casos de comportamiento normal, se determinó el coeficiente de correlación de Pearson mientras que para los de distribución no normal se determinó el coeficiente de correlación Spearman.

Por otro lado, los datos meteorológicos fueron tomados de estaciones de calidad del aire de la RMCAB, donde por medio de un promedio aritmético de cada variable y el promedio de las concentraciones con su respectiva réplica, se procedió a establecer los análisis.

4.5.1. PM₁₀ con bioaerosoles

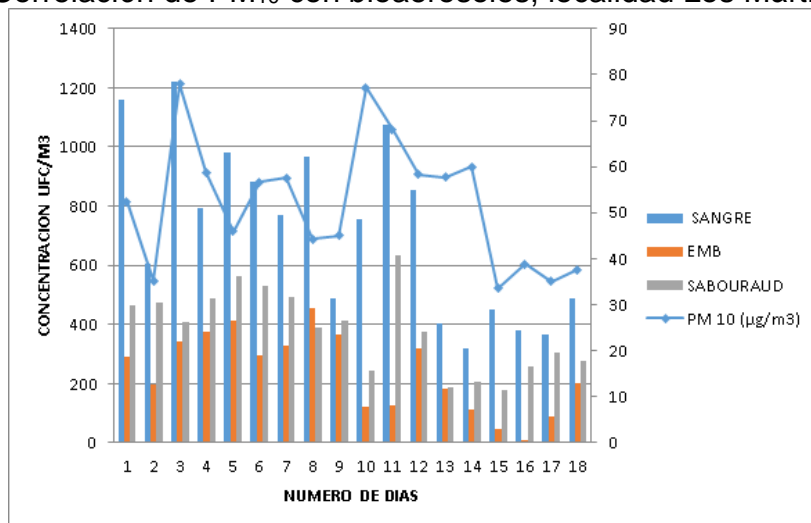
Aunque los picos de concentraciones de PM₁₀ se asocian a las concentraciones más altas en los agares Sangre y Sabouraud, es difícil determinar realmente este comportamiento, pues no todos los días muestran claramente esa relación. Por ejemplo, para Ciudad Bolívar (figura 4-6), únicamente los días 5 y 16 muestran dicho comportamiento, mientras que para Los Mártires (figura 4-7), estos picos se evidencian en 5 días (1, 3, 6, 7 y 11).

Figura 4-6. Correlación de PM₁₀ con bioaerosoles, localidad Ciudad Bolívar



Fuente: Autores

Figura 4-7. Correlación de PM₁₀ con bioaerosoles, localidad Los Mártires



Fuente: Autores

Sin embargo, para determinar realmente una correlación se utilizó el método de análisis estadístico, mediante el software IMB SPSS Statics 25, asumiendo que las concentraciones de bioaerosoles y PM₁₀ son variables dependientes entre sí, el coeficiente de pearson se calculó dando como resultado lo presentado en la tabla 4-5.

Tabla 4-5. Correlación de Pearson

	Correlación de Pearson (UFC VS PM ₁₀)	
	Ciudad Bolívar	Mártires
Agar		
Sabouraud	0,185	0,188
Sangre	-0,26	0,527
EMB	0,13	0,177

Fuente: Autores

El análisis se realizó aceptando para correlaciones relevantes una significancia del 90% ($p < 0,10$) debido a que con la poca cantidad de datos es difícil trabajar para una significancia mayor. Como se puede observar, tanto el agar EMB como el Sabouraud, mantiene una correlación débil pero de baja significancia ($p < 0,4$) en ambos puntos de muestreo, sin embargo un estudio realizado en Brasil estableció una correlación débil ($R^2 = 0,25$) pero altamente significativa ($p < 0,05$) entre las concentraciones de hongos y PM_{2,5} presentes en la atmosfera [71], por lo tanto es posible que un pequeño porcentaje del PM₁₀ esté compuesto por esporas de hongos o que algunas especies tengan afinidad a ciertos componentes del PM 2,5. Es importante mencionar que, aunque el principal objetivo del agar EMB es identificar enterobacterias, el crecimiento de especies fúngicas fue predominante en este medio y por lo tanto al momento del conteo de UFC se consideró tanto la densidad bacteriana como la de hongos [73].

Respecto al agar Sangre, si bien se encontró la única correlación aceptada en Los Mártires ($p < 0,05$), para Ciudad Bolívar, demostró una correlación inversamente proporcional y poco significativa ($p > 0,9$), es decir que no es posible generalizar una relación entre PM_{10} y concentración de bacterias y por lo tanto la cantidad de UFC de bacterias debe ser relacionada a otras variables ya sean meteorológicas (temperatura, humedad relativa), por la presencia de otros contaminantes del aire [74, 75] o por la misma composición del PM_{10} que puede variar notoriamente entre ambos puntos de muestreo.

4.5.2. PM_{10} con datos meteorológicos

En la tabla 4-6 se registran los valores obtenidos de la prueba de normalidad para cada punto de muestreo, los dos puntos de muestreo presentaron distribución normal en los datos registrados.

Tabla 4-6. Prueba de normalidad

Punto	Temperatura	Velocidad del viento	Humedad relativa
Ciudad Bolívar	0,942	0,938	0,928
Los Mártires	0,981	0,960	0,927

Fuente: Autores

4.5.2.1. Ciudad Bolívar

En la tabla 4-7, para PM_{10} se obtuvo una única jornada, se registran los valores obtenidos de cada correlación correspondiente a la prueba de normalidad, junto a su nivel de significancia para el punto de muestreo en la localidad de Ciudad Bolívar.

Tabla 4-7. Valores de correlación (Ciudad Bolívar)

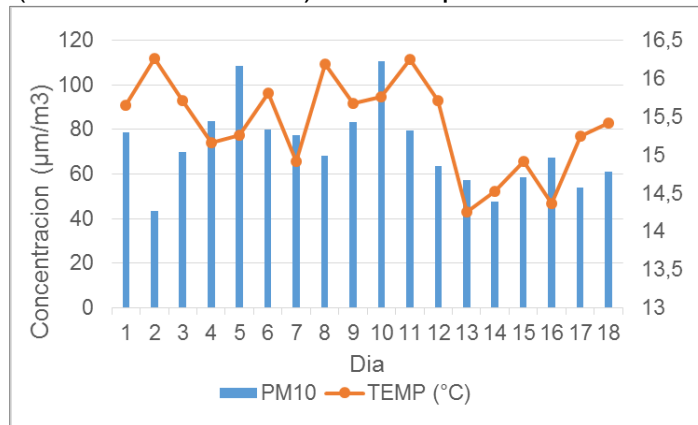
PM_{10}			
Jornada	Temperatura	Velocidad del viento	Humedad relativa
J-1	0,219	-0,357	0,552
Significancia	0,382	0,145	0,17

Fuente: Autores

Estadísticamente en la jornada, la correlación de concentración de PM_{10} con la velocidad del viento es negativa, lo que indica una correlación inversamente proporcional, siendo directamente proporcional la temperatura y la humedad relativa con PM_{10} ; las correlaciones presentaron fortaleza de plano débil (tabla 4-7) con un nivel de significancia bajo, al ser superior ($p > 0,10$), indican la baja probabilidad de no obtener estas concentraciones al azar.

Esta relación estadística se evidencia al graficar los valores, para este caso la temperatura presentó en la mayoría de días altas concentraciones de PM_{10} en los días de mayor temperatura (figura 4-8), para los días 5 y 10 se observaron altas concentraciones, esto se le puede atribuir a la inversión térmica que presenta la ciudad al oscilar la temperatura en un rango de 8,5 a 20,5 °C [76], ocasionando acumulación de contaminantes en el aire por la transición de masas en la atmósfera.

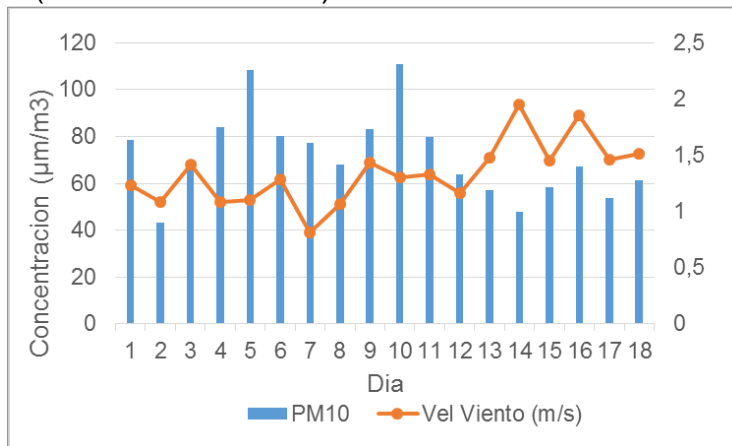
Figura 4-8. PM₁₀ (UPZ San Francisco) Vs. Temperatura



Fuente: Autores

Para la velocidad del viento, se evidenció altas concentraciones de PM₁₀ a bajas velocidades del viento (figura 4-9) atribuyéndole a esta variable la baja dispersión que se presentó del contaminante en los días 1, 4, 5, 6, 9, 10 y 11 obteniendo así un comportamiento inversamente proporcional al ser una zona muy poco turbulenta.

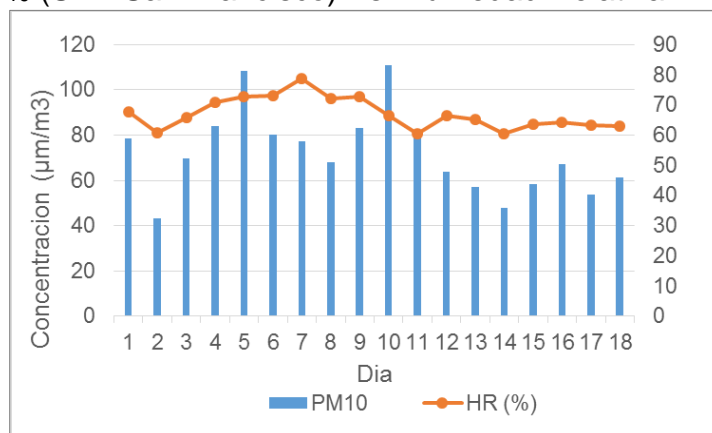
Figura 4-9. PM₁₀ (UPZ San Francisco) Vs. Velocidad del Viento



Fuente: Autores

La humedad relativa presentada en la figura 4-10, se comporta directamente proporcional, lo que indica que las mayores concentraciones de PM₁₀ se registraron en los días de mayor humedad relativa, una relación existente entre estas dos variables es debido a que “el material particulado en la capa de aire cercana a la superficie sirve como núcleo de condensación, alrededor del cual se adhieren las gotitas de vapor de agua formando niebla, a la vez, los gases contaminantes pueden adsorberse y absorberse sobre esta niebla y formar un aerosol. Este fenómeno es muy común en los sectores despejados de Bogotá cuando hay noches con poca nubosidad, vientos en calma y alta humedad relativa” [77].

Figura 4-10. PM₁₀ (UPZ San Francisco) Vs. Humedad Relativa



Fuente: Autores

4.5.2.2. Los Mártires

En la tabla 4-8, para PM₁₀ se obtuvo una única jornada, se registran los valores obtenidos de cada correlación correspondiente a la prueba de normalidad, junto a su nivel de significancia para el punto de muestreo en la localidad de Los Mártires.

Tabla 4-8. Valores de correlación (Los Mártires)

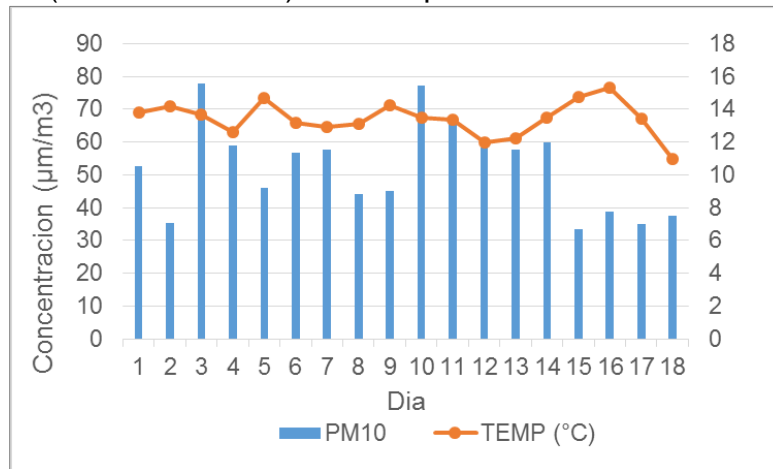
PM ₁₀			
Jornada	Temperatura	Velocidad del viento	Humedad relativa
J-1	-0,234	-0,068	0,052
Significancia	0,35	0,789	0,839

Fuente: Autores

Estadísticamente en la jornada, la correlación de concentración de PM₁₀ con la temperatura y velocidad del viento es negativa, lo que indica una correlación inversamente proporcional, siendo directamente proporcional la humedad relativa con PM₁₀; las correlaciones presentaron fortaleza de plano débil (tabla 4-8) con un nivel de significancia bajo, al ser superior ($p > 0,10$), indican la baja probabilidad de no obtener estas concentraciones al azar.

Para evidenciar las relaciones estadísticas se graficó cada variable con las concentraciones, para este caso la temperatura (figura 4-11) presentó altas concentraciones de PM₁₀ a temperaturas medias, con la cantidad de datos obtenidos no es posible establecer una relación significativa entre estas dos variables.

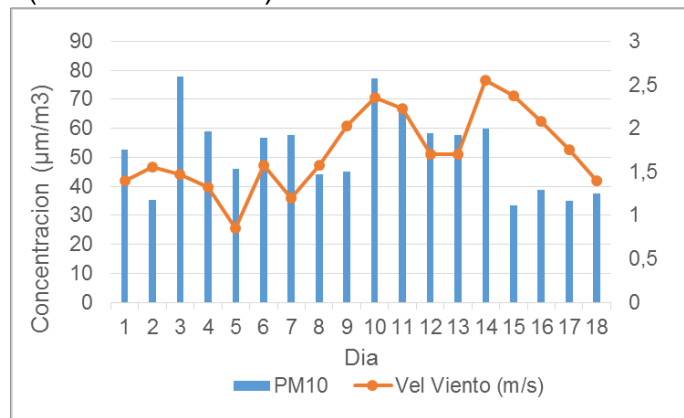
Figura 4-11. PM₁₀ (UPZ La Sabana) Vs. Temperatura



Fuente: Autores

Para la velocidad del viento, se evidenció bajas concentraciones de PM₁₀ a altas velocidades del viento (figura 4-12) atribuyéndole a esta variable la alta dispersión que se presentó el contaminante en los días 2, 8, 9, 14, 15, 16, 17 y 18 obteniendo así un comportamiento inversamente proporcional al ser una zona significativamente turbulenta.

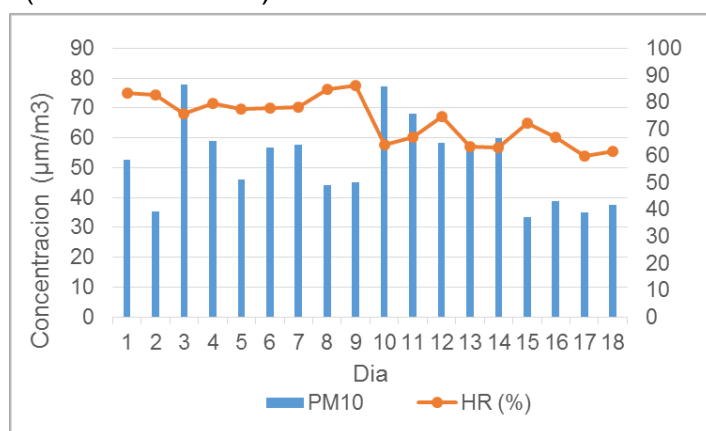
Figura 4-12. PM₁₀ (UPZ La Sabana) Vs. Velocidad del Viento



Fuente: Autores

La humedad relativa presentada en la figura 4-13, se comporta directamente proporcional, lo que indica que las mayores concentraciones de PM₁₀ se registraron en los días de mayor humedad relativa, una relación existente entre estas dos variables como lo mencionamos anteriormente para la figura 4-10.

Figura 4-13. PM₁₀ (UPZ La Sabana) Vs Humedad Relativa



Fuente: Autores

4.5.3. Bioaerosoles con datos meteorológicos

A partir de los datos recolectados (Anexo V), respecto a los agares y a las variables meteorológicas, se obtienen los siguientes datos.

En la tabla 4-9 se registran los valores obtenidos de la prueba de normalidad para cada punto de muestreo, en cada jornada.

Tabla 4-9. Prueba de normalidad

Punto	Jornada	Temperatura	Velocidad del viento	Humedad relativa
Ciudad Bolívar	1	0,385	0,001	0,183
	2	0,638	0,042	0,333
Los Mártires	1	0,733	0,052	0,104
	2	0,892	0,395	0,082

Fuente: Autores

4.5.3.1. Ciudad Bolívar

En la tabla 4-10, se registran los valores obtenidos de cada correlación correspondiente a la prueba de normalidad, junto a su nivel de significancia para el punto de muestreo en la localidad de Ciudad Bolívar.

Tabla 4-10. Valores de correlación (Ciudad Bolívar)

Agar EMB			
Jornada	Temperatura	Velocidad del viento	Humedad relativa
J-1	-0,149	-0,001	0,424
Significancia	0,555	0,998	0,079
J-2	-0,353	-0,214	0,352
Significancia	0,151	0,395	0,152

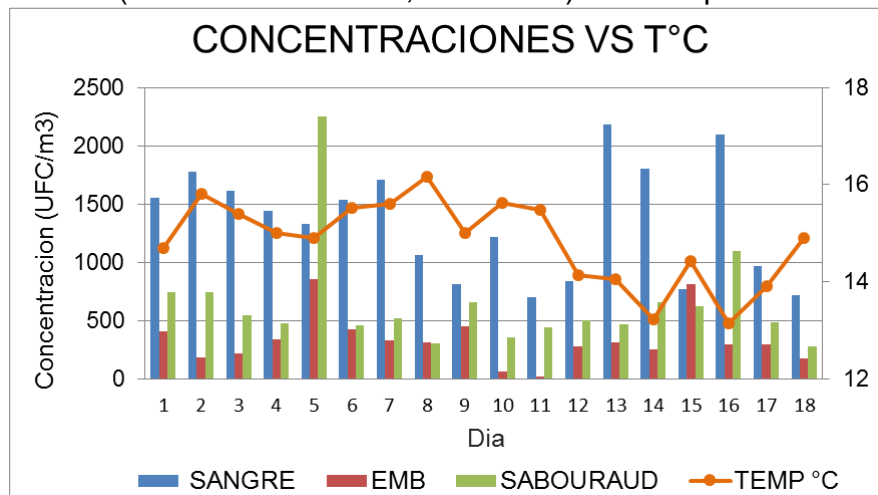
Agar Sangre			
Jornada	Temperatura	Velocidad del viento	Humedad relativa
J-1	-0,25	0,273	0,003
Significancia	0,316	0,272	0,989
J-2	-0,587	-0,112	0,198
Significancia	0,01	0,658	0,432
Agar Sabouraud			
Jornada	Temperatura	Velocidad del viento	Humedad relativa
J-1	-0,207	0,195	0,211
Significancia	0,409	0,439	0,401
J-2	-0,071	-0,094	0,362
Significancia	0,778	0,71	0,14

Fuente: Autores

Estadísticamente en la jornada 1, la correlación de UFC de los agares con la temperatura es negativa, lo que indica una correlación inversamente proporcional; las correlaciones que presentaron fortaleza de plano débil (tabla 4-10) con un nivel de significancia bajo, al ser superior ($p > 0,10$), indican la baja probabilidad de no obtener estas concentraciones al azar.

Esta relación estadística se evidencia al graficar los valores, pues altas concentraciones de bacterias se presentaron en los días 13, 14 y 16, durante los cuales hubo bajos niveles de temperaturas que oscilaban entre los 13 y 14 °C (figura 4-14).

Figura 4-14. UFC (UPZ San Francisco, Jornada 1) Vs. Temperatura



Fuente: Autores

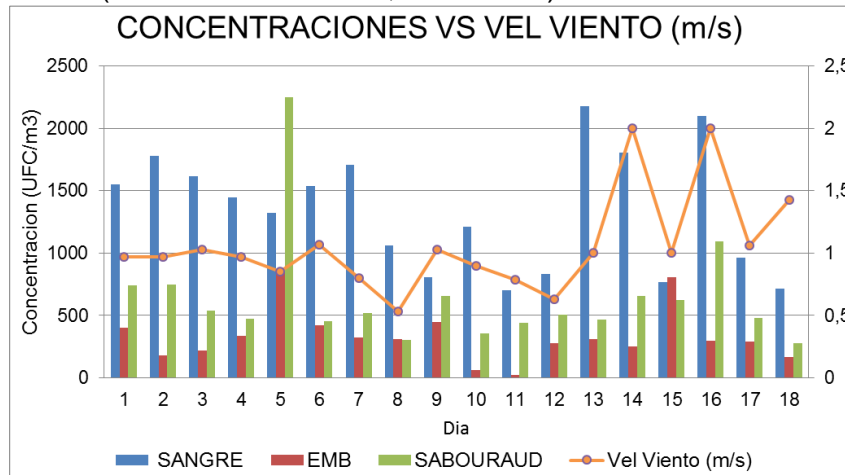
En cambio las jornadas que presentaron una correlación positiva (tabla 4-10) son directamente proporcional con altas probabilidades de que estos resultados se deban al azar por tener un nivel de significancia bajo ($p > 0,10$), a medida que aumenta la velocidad del viento las concentraciones de UFC aumentan, sin embargo un estudio realizado en el 2017 en Perú estableció una correlación de

plano fuerte ($R^2= 0,924$) directamente proporcional altamente significativa ($p<0,003$) entre las concentraciones de esporas presentes en la atmosfera y la velocidad del viento [78].

Por lo tanto, es posible que un pequeño porcentaje de esporas de hongos tengan afinidad a ciertos componentes con el agar Sangre. Es importante mencionar que el principal objetivo del agar Sangre era identificar el crecimiento de bacterias, aunque por cuestiones de afinidad algunas especies fúngicas crecieron en el medio y en el momento del conteo de UFC se consideró la densidad bacteriana como la de hongos.

Durante dicho periodo (días 13, 14 y 16), la velocidad del viento presentó un comportamiento similar (figura 4-15) obteniendo valores de aproximadamente 1,7 m/s generando así una muy baja dispersión de microorganismos en el aire, por tanto, estos pudieron estar suspendidos durante un largo periodo evidenciando así el aumento en la concentración de bacterias. Para esta variable, se determinó una correlación negativa en el medio agar EMB, presentando también un comportamiento inversamente proporcional (tabla 4-10).

Figura 4-15. UFC (UPZ San Francisco, Jornada 1) Vs. Velocidad del Viento



Fuente: Autores

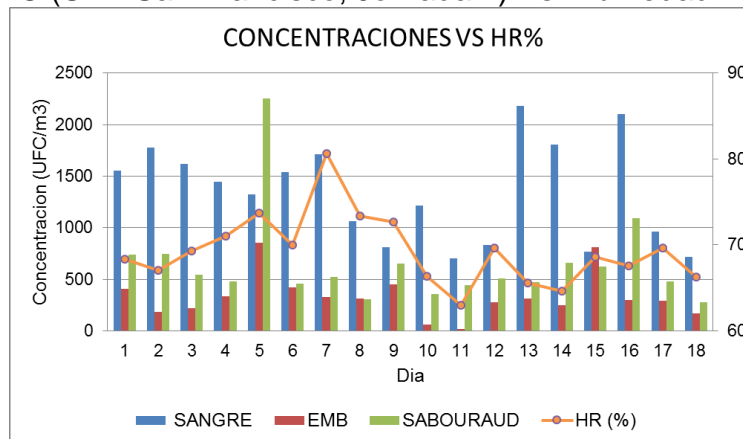
En cuanto a los hongos, los días en que se obtuvieron mayores concentraciones fueron los días 5 y 16; estos valores pueden ser atribuidos al comportamiento de variables como humedad relativa y velocidad del viento en donde la primera se mantiene arriba del 65% mientras que la velocidad del viento osciló entre 1,0 y 2,0 m/s, condiciones favorables para la proliferación de microorganismos fúngicos. Cabe resaltar que la concentración obtenida en el día 5 fue la más alta durante los 18 días de muestreo, tales concentraciones registradas ese día, tiene una relación directa con las concentraciones de PM₁₀ registradas para el mismo día, pues es importante resaltar que los microorganismos pueden transportarse en el material particulado, adicionalmente para este día se registraron labores de adecuación en pequeñas zonas verdes ubicadas a pocos metros de la institución donde se

localizaba el punto de muestreo, este es un posible factor que incidió en la alta concentración de microorganismos fúngicos en ese día.

Finalmente, la humedad relativa fue indispensable en las concentraciones obtenidas, puesto que los valores de este parámetro eran superiores al 64% permitiendo así una mejor estabilidad del microorganismo debido a que valores de humedad relativa superiores al 60% permiten que mayor viabilidad en la concentración de microorganismos [75]. En los días de concentraciones mínimas obtenidas (11 y 18), la humedad relativa presentó porcentajes menores de 63% con respecto al resto de días de muestreo (figura 4-16), de igual manera el comportamiento de la velocidad del viento para el día 11 presentó la segunda velocidad más baja que fue de 0,79 m/s y para el día 18 una velocidad de 1,43 m/s, lo cual permite evidenciar para esta jornada una relación directa entre las concentraciones obtenidas, la velocidad del viento y rangos medio de temperatura que no suponen un óptimo crecimiento bacteriano.

Esta variable, presenta en la tabla 4-10, una correlación de dirección positiva, lo que indica que, respecto a la concentración de UFC, es directamente proporcional. Para la jornada 1 de agar EMB se presentó un nivel de significancia alto, indicando una probabilidad alta de no tener estas concentraciones al azar.

Figura 4-16. UFC (UPZ San Francisco, Jornada 1) Vs. Humedad Relativa

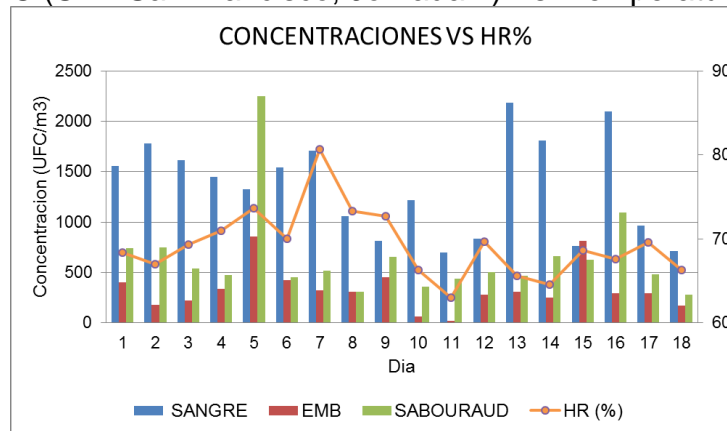


Fuente: Autores

La temperatura en la jornada 2, demuestra un comportamiento inversamente proporcional, además que en el agar Sangre evidencia una correlación de fortaleza de plano medio (tabla 4-10) con un nivel de significancia alto, demostrando una alta probabilidad de no obtener estas correlaciones al azar.

En la figura 4-7, se evidencia mejor dicha relación, esto puede ayudarse también con la intervención de alguna otra variable o condiciones del muestreo.

Figura 4-17. UFC (UPZ San Francisco, Jornada 2) Vs. Temperatura

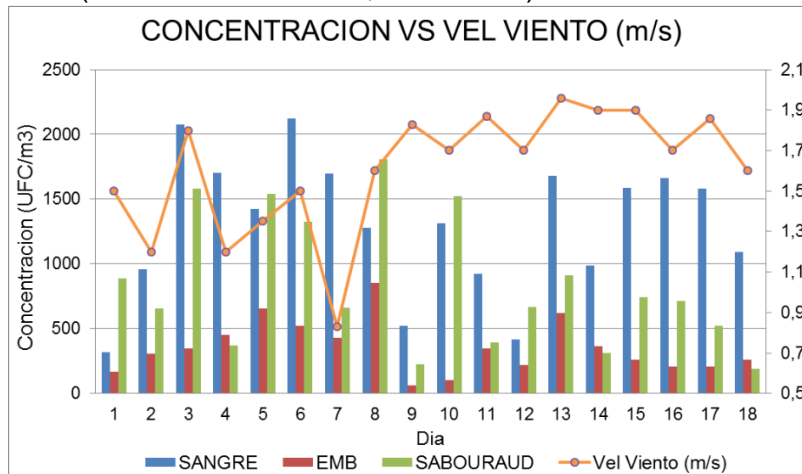


Fuente: Autores

Durante esta segunda jornada, en cada uno de los días de muestreo, se tiene que las concentraciones de bacterias, más específicamente para el medio de cultivo Sangre agar, continuó presentando altas concentraciones con respecto a las de hongos, así mismo, las concentraciones de bacterias diferenciadas en agar EMB fueron las más bajas, primero atribuidas a los nutrientes que se usan en este agar el cual a diferencia del agar Sangre permite el crecimiento de otro tipo de bacterias, sin embargo la dinámica de variables meteorológicas tuvieron una relación directa en las concentraciones obtenidas los días 3 y 6, donde se registraron valores de humedad relativa por encima del 60% (figura 4-16), siendo el día 6 donde se obtuvo el pico más alto de esta variable (76%) y valores de velocidad de viento de 1,5 m/s, generando así condiciones ideales para la proliferación de estos microorganismos en el aire cercano al punto de muestreo.

En cuanto a las bajas concentraciones de bacterias, específicamente para los días 1 y 12 (figura 4-18) donde se obtuvieron valores de 320 UFC/m³ y 415 UFC/m³ respectivamente y teniendo en cuenta el comportamiento de variables meteorológicas como velocidad del viento para los mismos periodos de tiempo; 1,5 m/s para el día 1 y 1,7 m/s para el día 12, permite establecer la relación que tiene esta variable sobre las bajas concentraciones presentadas, puesto que permite lograr una dispersión de las masas de aire por ende la dispersión de contaminantes.

Figura 4-18. UFC (UPZ San Francisco, Jornada 2) Vs. Velocidad del viento



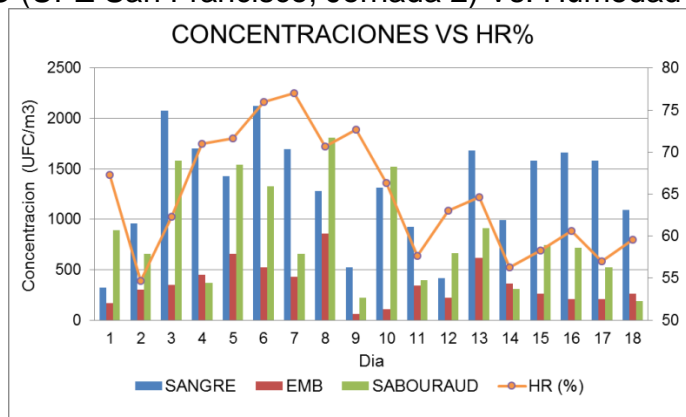
Fuente: Autores

Sin embargo, en cuanto a la humedad relativa, se registraron valores por encima del 60% (figura 4-16) sin encontrar una relación directa entre las bajas concentraciones en los días mencionados y los valores de este parámetro registrados.

Las altas concentraciones de microorganismos fúngicos presentadas en los días y 8, fueron posiblemente a consecuencia de la dinámica que tuvo el parámetro de velocidad del viento (figura 4-18), valores los cuales oscilaron entre 1,6 m/s y 1,8 m/s y favorecieron la presencia y recuperación de estos microorganismos los cuales pudieron ser a consecuencia de la alta densidad poblacional, puesto que la segunda jornada tuvo un periodo de medición entre las 6:30 pm y las 7:00 pm, es aquí donde la velocidad del viento pudo haber influido en el transporte de microorganismos desde áreas residenciales y vías de gran tránsito vehicular aledañas al punto de muestreo.

Para figura 4-18 los días 9 y 18, se registraron las más bajas concentraciones de hongos 225 UFC/m³ y 190 UFC/m³ respectivamente, el causante de la disminución de estas concentraciones con respecto al resto de los días de muestreo, pudo haber sido el poco contenido de bioaerosoles en el material particulado en estas dos jornadas, debido a que en este periodo las concentraciones de PM₁₀ no fueron superiores a 100 µg/m³, mientras que con respecto a variables como la velocidad del viento, se observaron valores que no superaron 1,7 m/s, valores que pueden favorecer la dispersión de estos microorganismos.

Figura 4-19. UFC (UPZ San Francisco, Jornada 2) Vs. Humedad Relativa



Fuente: Autores

4.5.3.2. Los Mártires

En la tabla 4-11, se registran los valores obtenidos de cada correlación correspondiente a la prueba de normalidad, junto a su nivel de significancia para el punto de muestreo en la localidad de Los Mártires.

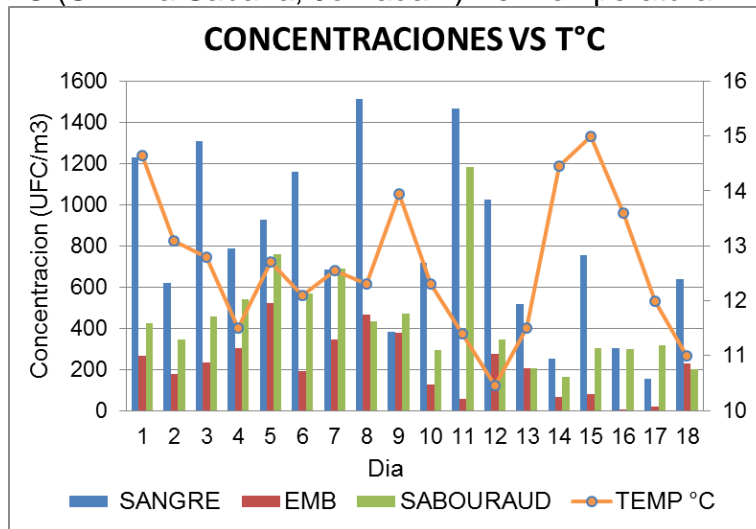
Tabla 4-11. Valores de correlación (Los Mártires)

Agar EMB			
Jornada	Temperatura	Velocidad del viento	Humedad relativa
J-1	-0,14	-0,7	0,53
Significancia	0,579	0,001	0,024
J-2	-0,078	-0,358	0,597
Significancia	0,76	0,145	0,009
Agar Sangre			
Jornada	Temperatura	Velocidad del viento	Humedad relativa
J-1	-0,216	-0,339	0,309
Significancia	0,39	0,169	0,212
J-2	0,26	-0,401	0,416
Significancia	0,297	0,145	0,086
Agar Sabouraud			
Jornada	Temperatura	Velocidad del viento	Humedad relativa
J-1	-0,202	-0,287	0,177
Significancia	0,42	0,248	0,494
J-2	-0,021	-0,576	0,629
Significancia	0,935	0,012	0,005

Fuente: Autores

En la jornada 1 en UPZ La Sabana, se observa que para la temperatura se presentó una correlación inversamente proporcional (figura 4-20). Todas las correlaciones presentaron fortaleza de plano débil con un nivel de significancia bajo, indicando la baja probabilidad de no obtener estas concentraciones al azar (tabla 4-11).

Figura 4-20. UFC (UPZ La Sabana, Jornada 1) Vs. Temperatura



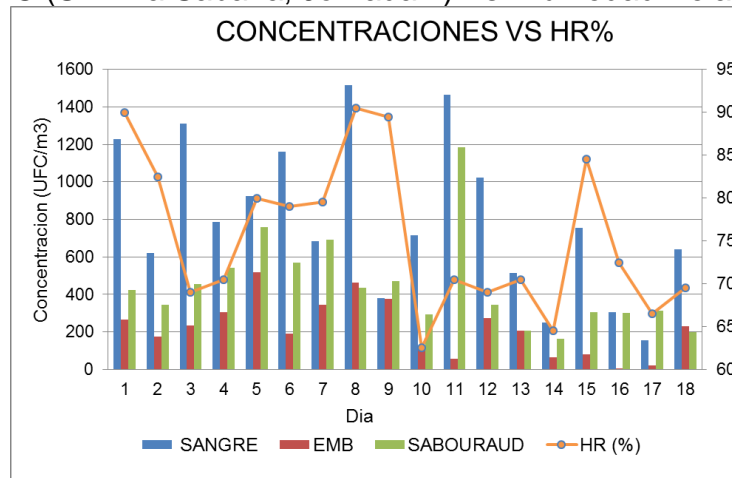
Fuente: Autores

Al igual que en UPZ San Francisco, se presenta un comportamiento similar en cuanto a las concentraciones de bacterias diferenciadas por el agar EMB el cual es el encargado de la recuperación bacteriana de bacilos gram negativos lo que representa una menor cantidad de bacterias entéricas a comparación de bacterias de interés clínico recuperadas por el medio Sangre y microorganismos fúngicos diferenciados por el agar Sabouraud, demostrando así una mayor resistencia en las bacterias gram positivas debido a condiciones celulares como el amplio grosor de su pared celular [76].

Para este punto, las concentraciones más altas se registraron en las bacterias recuperadas por el agar Sangre, donde los días en que se presentaron las mayores concentraciones fueron los días 8 y 11, valores que pueden ser atribuidos a porcentajes mayores al 65% de humedad relativa (figura 4-21) registrados para los dos días, donde para el día 8 se evidenció una relación directa entre el porcentaje de humedad relativa (90,2%) y las concentraciones de bacterias registradas.

La humedad relativa en esta jornada, es directamente proporcional a la concentración de UFC, la mayoría de correlaciones son de fortaleza de plano moderado (tabla 4-11), lo que indica una probabilidad muy alta de no obtener estas concentraciones al azar. Para los agares Sangre y Sabouraud se presentó una correlación de plano débil con un nivel de significancia bajo, lo que indica una probabilidad muy baja de no obtener estas concentraciones al azar.

Figura 4-21. UFC (UPZ La Sabana, Jornada 1) Vs. Humedad Relativa



Fuente: Autores

Los días 14 y 17 fueron los que se presentaron las más bajas concentraciones de bacterias, dichos días pudieron verse afectados por condiciones de velocidad de viento (figura 4-22) favorables en la dispersión de microorganismos donde valores de este parámetro superaron los 2,0 m/s para el día 14, mientras que factores que se vieron directamente relacionados con la disminución de bacterias en el aire fueron un descenso en las temperaturas y una baja concentración del material particulado para este día ($35,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

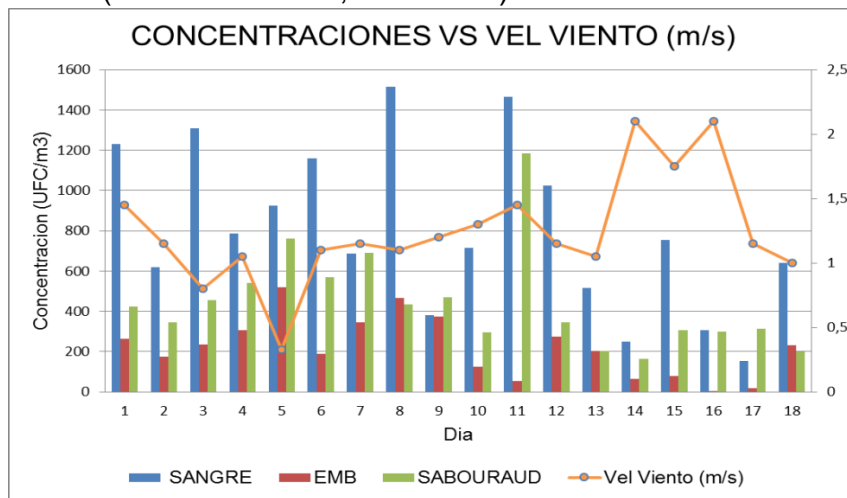
Para esta jornada, la velocidad del viento es inversamente proporcional. En el agar EMB se presentó una correlación de fortaleza fuerte (tabla 4-11), mientras que en el agar Sabouraud se presentó una correlación de fortaleza de plano débil con un nivel de significancia bajo, lo que demuestra una probabilidad muy baja de no obtener estas concentraciones al azar.

Con respecto a microorganismos fúngicos, las mayores concentraciones fueron en los días 5 y 11, donde se tuvo una relación entre las concentraciones de hongos y de bacterias presentadas en ese mismo periodo de tiempo, dichas concentraciones pueden ser atribuidas al alto flujo vehicular que se presenta en áreas externas cercanas a el punto de muestreo, de igual forma uno de los fenómenos que tuvo incidencia en el aumento de las concentraciones fue la presencia de turbulencia mecánica, donde las corrientes de aire deben realizar esfuerzos cortantes por la presencia de barreras como las edificaciones donde el fenómeno no permite una dispersión sino por el contrario una recirculación en este caso de los microorganismos presentes en el aire [75].

Una disminución en las concentraciones de hongos se presentó durante los días 14 y 18, tal vez una de las principales causas fueron velocidades de viento altas durante el día 14, donde de igual forma se registró la segunda mayor temperatura del total de los 18 días de muestreo (figura 4-20), mientras que uno de los factores que influyó en la disminución de hongos durante la jornada 18 fue una baja concentración de PM_{10} , relacionando su baja concentración con la poca capacidad

de transportar estos microorganismos al no encontrarse una relación directa entre las variables registradas y las concentraciones obtenidas.

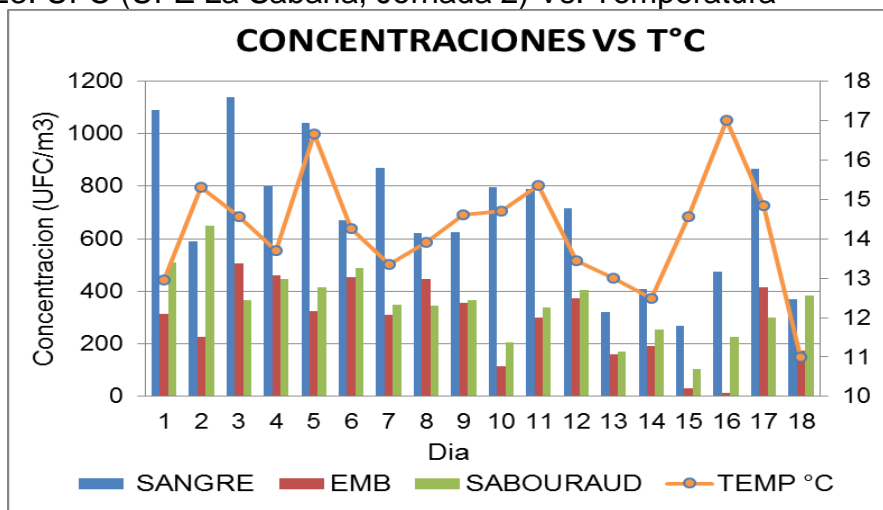
Figura 4-22. UFC (UPZ La Sabana, Jornada 1) Vs. Velocidad del Viento



Fuente: Autores

La correlación en la segunda jornada, de la temperatura con el agar Sangre la correlación es directamente proporcional, como se puede evidenciar en la figura 4-23. Sin embargo, en el estudio ya mencionado realizado en Perú en el 2017, se observa una fuerte correlación de tipo positiva ($R=0,768$) con una significancia alta ($p=0,044$) entre la temperatura con las concentraciones de esporas, también hacen referencia a que la temperatura tiene efecto en la producción de estas [78]. Por lo tanto, como se mencionaba, es posible que en los agares Sangre crecieran esporas dentro de los medios de cultivo por la afinidad que tienen con los compuestos del agar, y así en el momento del conteo se tomaron como densidad bacteriana.

Figura 4-23. UFC (UPZ La Sabana, Jornada 2) Vs. Temperatura



Fuente: Autores

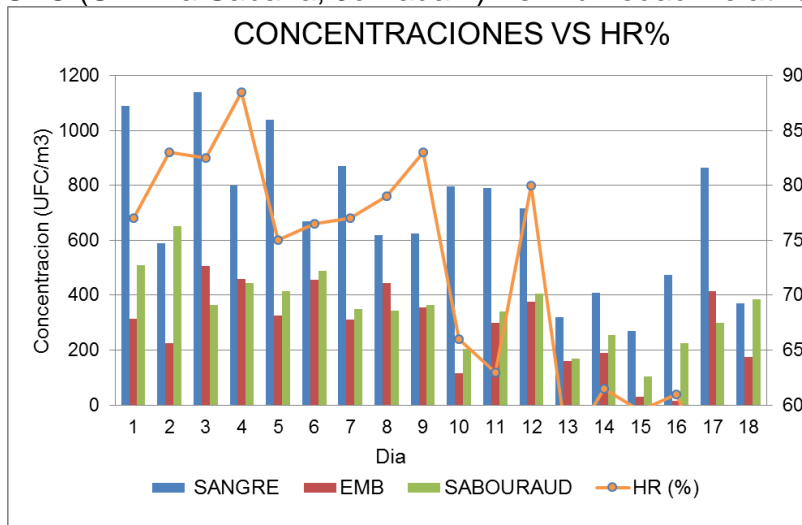
Respecto a la humedad relativa para esta jornada, se obtuvo una correlación directamente proporcional, la mayoría de correlaciones son de fortaleza de plano moderado (tabla 4-11) con un nivel de significancia alto, lo que indica una probabilidad muy alta de no obtener estas concentraciones al azar.

Las altas concentraciones de bacterias registradas en UPZ La Sabana, se presentaron durante los días 1 y 3, donde se observó una relación directa entre estas concentraciones presentadas y el porcentaje de humedad relativa (figura 4-24) generada en estos mismos periodos de tiempo donde se registraron valores superiores al 75% permitiendo así un aumento en la viabilidad de los microorganismos debido a que estos altos porcentajes de humedad no permiten que los microorganismos se deshidraten, adicionalmente el régimen de los vientos para estos días influyeron de manera directa en que no se presenta una dispersión de los microorganismos presentes en el aire, por otra parte uno de los factores que pudo haber influido en el aumento de las concentraciones de bacterias fue que para el día tres también se obtuvo la mayor concentración de PM_{10} ($77,94 \mu\text{g}/\text{m}^3$) teniendo en cuenta la capacidad que tienen los microorganismos de transportarse en el material particulado.

Durante los días 13 y 15 se presentaron los más bajos niveles de concentraciones de bacterias, donde son principalmente atribuidas a que en estos días se obtuvieron porcentajes de humedad relativa inferiores al 60% debido a que porcentajes entre el 40 y 60% de HR no permiten que el aire contenga el suficiente vapor de agua para la proliferación de los microorganismos derivando así en una disminución en su concentración en especial para el caso de bacterias, las cuales requieren de porcentajes superiores al 65% de HR [76].

En el caso de los microorganismos micóticos, se presentaron las más altas concentraciones durante los días 1 y 2, teniendo en cuenta la hora en la que se realizó el muestreo (7:00 pm) donde se genera un alto flujo vehicular en el corredor de la carrera 30 con Calle 13 el cual se encuentra en inmediaciones del punto de muestreo en esta UPZ, este es uno de los posibles factores que incidieron en el registro de las concentraciones de hongos para los días 1 y 2. Por otra parte, se encontró una relación directa entre la humedad relativa y las concentraciones de hongos, valores registrados de HR (figura 4-24) para los días 1 y 2 fueron de 77% y 83% respectivamente, porcentajes que favorecen la proliferación de microorganismos fúngicos en el aire. Las concentraciones registradas para estos días pudieron estar asociadas a fenómenos como turbulencia mecánica causada por el flujo vehicular y la alta densidad poblacional.

Figura 4-24. UFC (UPZ La Sabana, Jornada 2) Vs. Humedad Relativa



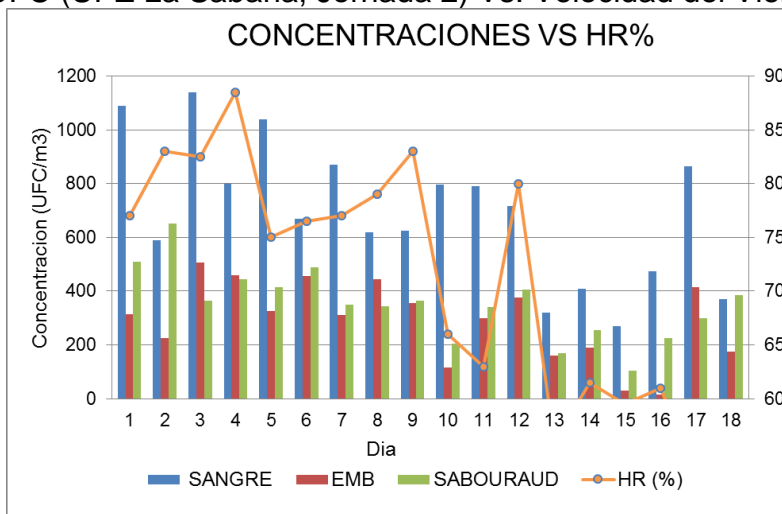
Fuente: Autores

Por otra parte, la disminución en las concentraciones de microorganismos para los mismos días (días 13 y 15), se debe a las altas velocidades del viento puesto que el día 13 presentó una velocidad de 2,35 m/s mientras que para el día 15 fue de 3,0 m/s contribuyendo en la dispersión de los mismos.

La velocidad del viento es de dirección de tipo negativa, mostrando el comportamiento de una correlación inversamente proporcional. La mayoría de concentraciones de las jornadas presentan una correlación de fortaleza moderada con un nivel de significancia bajo ($p > 0,10$), lo que señala una probabilidad muy baja de no obtener estas concentraciones al azar.

Las más bajas concentraciones registradas de hongos fueron 170 UFC/m³ para el día 13 y 105 UFC/m³ para el día 15, observando la relación directa entre los porcentajes de humedad relativa los cuales estuvieron por debajo del 60% contribuyendo a la disminución en la viabilidad de estos microorganismos, de otra manera, estas bajas concentraciones fueron relacionadas con las velocidades de viento (figura 4-25) registradas en ambos días las cuales oscilaron entre 2,3 y 3,0 m/s permitiendo una dispersión favorable para la disminución de las concentraciones de hongos, de igual manera se observó que en cuanto al material particulado para el día 15 se registró la menor concentración de PM₁₀ permitiendo observar su relación con las bajas concentraciones de hongos en el aire. Sin embargo, uno de los factores determinantes en la viabilidad de los microorganismos es la temperatura, a pesar que durante los 18 días de muestreo la mayor temperatura registrada fue de 17°C esta no alcanza los niveles suficientes para el óptimo crecimiento de hongos en el aire.

Figura 4-25.UFC (UPZ La Sabana, Jornada 2) Vs. Velocidad del Viento



Fuente: Autores

4.5.4. Morbilidad

El conocimiento de la composición química de las partículas que se encuentran en el aire de Bogotá es de vital importancia para la salud pública, por lo cual desde un punto de vista epidemiológico se puede determinar los efectos adversos a la salud que produce la exposición a plomo en la población.

Teniendo en cuenta lo anterior, se determinó la asociación de las concentraciones de plomo obtenidas por medio de las técnicas de laboratorio con los casos de enfermedades respiratorias en la población de las UPZ San Francisco y La Sabana.

Debido a la complejidad de la obtención de la información requerida por parte de la SDS es casi imposible trabajar con los RIPS requeridos para este análisis, en vista de esto, se procedió a trabajar con los boletines integrados de urgencias y emergencias en salud pública, los cuales son publicados mensualmente por la SDS.

Cada boletín cuenta con el análisis mensual de eventos atendidos por localidad por los ERI de cada una de estas, para este caso se utilizaron los boletines de los meses de enero a noviembre del 2018, siendo estos los últimos en ser publicados hasta la fecha. En la tabla 4-12, se observa la cantidad de casos entendidos por evento ERA en las localidades.

Tabla 4-12. Casos atendidos por evento ERA

Localidad	Casos reportados por ERA
Ciudad Bolívar	4
Los Mártires	9
Total	13

Fuente: [79]

Para las localidades se registró un total de 13 casos por evento IRA, Ciudad Bolívar reporto 4 casos y 9 Los Mártires, estas localidades son habitadas por los diferentes grupos etarios: Infantil, juventud, adultez y vejez, generando así un riesgo a la salud de todos sus habitantes, cabe destacar que los grupos más sensibles a los cambios de calidad del aire son el infantil y la vejez al tener sistemas inmunológicos en desarrollo o lentos [80].

La exposición al material particulado puede generar efectos inflamatorios locales y sistémicos, lo que indica una explicación a la mayoría de los eventos que se presentan por enfermedades cardiovasculares y respiratorias. Teniendo en cuenta lo anterior, para el año 2015 el Instituto de Sanimetría y Evaluación Sanitaria estimó a nivel mundial 494.550 muertes y la pérdida de 9,3 millones de AVAD debido a la exposición de plomo y sus efectos a largo plazo en la salud [81], sugiriendo así que la contaminación por material particulado y plomo en el aire en las localidades aumentan las tasas de morbilidad y mortalidad.

Organismos internacionales como la OMS han intentado establecer límites de exposición ambiental para agentes biológicos basándose en sus efectos en la salud, pero al ser una tarea tan compleja por la cantidad de variables físico-químicas y biológicas de los distintos microorganismos conocidos hasta ahora por la ciencia vuelven esta labor muy compleja de resolver.

En un protocolo elaborado por el Comité sobre bioaerosoles de la ACGIH para ambientes de oficinas, se establecen los límites de UFC/m³. Según lo mencionado en el protocolo, si las concentraciones superan las 10.000 UFC/m³ se toma como crítica la calidad del aire del establecimiento, aclarando que toda persona que se encuentre expuesta a estas concentraciones tienen una alta probabilidad de sufrir IRA, en ese sentido se puede tomar este valor como una dosis infecciosa [82].

En este mismo protocolo recomiendan identificar los posibles agentes etiológicos, pertenecientes tanto a bacterias como a *actinomyces* u hongos si el valor llega a ser inferior a 10.000 UFC/m³, de ser así aplicar las medidas correctoras si alguno de ellos excede las 500 UFC/m³ [83].

Para las UPZ se obtuvieron concentraciones entre 15 a 2200 UFC/m³ siendo valores muy por debajo de la dosis infecciosa de 10.000 UFC/m³, sin embargo, estos valores pueden llegar a representar un riesgo a la salud de las personas que viven cerca de los puntos de muestreo, pues su exposición prolongada a estas bajas concentraciones puede generar efectos adversos a la salud, como los mencionados en la tabla 4-4.

5. IMPACTO SOCIAL, HUMANÍSTICO DEL PROYECTO

Según el Departamento Nacional de Planeación para el año 2015 en Colombia la contaminación del aire generó 15,4 billones de pesos en costos de salud, recursos que equivalen a 10.527 muertes y que asociados al PIB representan un 3,075% [82]. Bogotá por ser una ciudad con más de ocho millones de habitantes [84] debe centrar sus intereses en salud pública y por tal motivo se deben realizar estudios que puedan establecer la calidad del aire.

De acuerdo con el PAL para las localidades de Ciudad Bolívar y Los Mártires, la calidad del aire se ve afectada como origen de actividades industriales (Metalmecánica, litografía y carpintería entre otros) además del alto flujo vehicular que circulan en la malla vial de ambas localidades, basados en esta información las fuentes de contaminación móviles y fijas presentes en estas localidades tienen gran incidencia sobre la problemática ambiental y de salud pública del sector, donde se tiene que la localidad de Ciudad Bolívar según el ICA presentado en el PAL 2017 se obtiene un concepto de moderado a desfavorable en sus concentraciones de PM_{10} , lo cual tiene directa influencia sobre la incidencia de la salud de la población en dicha localidad [5,6]. Lo anteriormente refleja una problemática evidente en el país con respecto a las posibles enfermedades respiratorias agudas (ERA) e infecciones respiratorias agudas (IRA) que son generadas por la contaminación del aire.

Las localidades de Los Mártires y Ciudad Bolívar tienen alta cantidad de industrias (fuentes fijas) y bastante flujo vehicular en sus corredores viales (fuentes móviles), es por esto que la población de estas localidades está expuesta a altas concentraciones de material particulado; factores como la densidad poblacional y el área de cada localidad permiten observar dos tipos de escenarios de exposición: en el primer escenario (Los Mártires), se presenta alta cantidad de industrias con menor densidad poblacional y un área menor a la del segundo escenario (Ciudad Bolívar) que contiene también alta cantidad de industrias pero una mayor densidad poblacional.

Es así como más allá de tener implicaciones en el ambiente, la contaminación atmosférica, es un tema de gran interés para la salud pública, pues se sabe que la mayoría de casos por enfermedades respiratorias, son de carácter infeccioso y son generadas por la presencia de partículas biológicas suspendidas en el aire (pleopulmonares y *S. aureus*), también una de las peores afectaciones sobre el sistema respiratorio de las personas se produce con casos de cáncer de pulmón atribuidos a la inhalación de metales pesados [85].

CONCLUSIONES

La localidad de Los Mártires tiene mayor cantidad de industrias que la localidad de Ciudad Bolívar, esto se debe a su tipo de uso de suelo. La industria que predomina en las dos localidades es la metalmecánica que genera diferentes tipos de gases debido a los hornos que utilizan en su proceso productivo, en especial es gran aportadora de material particulado que contiene plomo.

Por otro lado, las motos son la mayor fuente de emisión móvil de PM₁₀ en las UPZ La Sabana y San Francisco, con un factor promedio de emisión de 5.694 y 7.209 Kg/día respectivamente, esto puede ser debido a la cantidad que transita por los puntos de aforo escogidos causada por ausencia de medidas de pico y placa. Por otra parte los vehículos livianos, de carga pesada y de servicio público presentaron valores de 460, 2.446 y 1.614 Kg/día respectivamente en UPZ La Sabana, y 461, 7.566 y 4.146 Kg/día respectivamente para UPZ San Francisco.

El pico y placa ambiental que se impuso por alerta naranja en el mes de febrero, reflejado en un día de aforo, presentó una reducción promedio del 72% de emisión de PM₁₀, siendo así una medida efectiva y viable para la reducción de las altas concentraciones de material particulado.

Las concentraciones de bioaerosoles obtenidas en la UPZ San Francisco, localidad de Ciudad Bolívar, mostraron un comportamiento diferenciado entre bacterias (agar Sangre y EMB) y hongos (agar Sabouraud), siendo las bacterias los microorganismos con mayor presencia en la dinámica atmosférica obteniendo altas concentraciones, donde en el 44% de los días de muestreo se obtuvieron concentraciones superiores a los 1500 UFC/m³; estas altas concentraciones se reflejan posiblemente a las características de áreas cercanas al punto de muestreo, a factores climáticos, como la velocidad del viento, la temperatura y la humedad relativa dependiendo de donde se realice el muestreo y del tipo de microorganismo; de factores sociales como el caso de la quema de basuras, que inciden directamente en la proliferación de estos microorganismos en el aire, ya que por humedad y uso personal de los residuos, estos albergan muchas partículas biológicas que con el tiempo van creando cultivos de bacterias y hongos.

Los *Streptococcus* no fueron encontrados en ninguna UPZ. En cambio, los *Staphylococcus* no fueron identificados en la UPZ La Sabana, pero si se evidenció la presencia de *Staphylococcus epidermidis* y *Staphylococcus aureus* en la UPZ San Francisco los cuales están asociados a infecciones respiratorias, dérmicas y auditivas.

Se encontraron 5 tipos de hongos en las muestras aisladas, los cuales en su mayoría causan enfermedades e infecciones respiratorias y cutáneas, esto quiere decir que las UPZ son zonas de alta densidad fúngica, atribuibles a las curtiembres, al relleno sanitario, la quema de basuras e industria maderera y de alimentos.

Dentro de las especies identificadas, no todas han sido reportadas como causantes de enfermedades respiratorias o cutáneas, algunas de las bacterias identificadas como la *Salmonella Enteriditis* y *Pseudomona Luteola* son consideradas como especies patógenas causantes de infecciones gastrointestinales, endoftalmitis, conjuntivitis, e infecciones localizadas.

RECOMENDACIONES

Para futuros estudios se recomienda:

Realizar mediciones con un número mayor de días de muestreo, para obtener más datos y poder correlacionar con más significancia los valores de material particulado y otras variables de interés.

Realizar la actualización de fuentes fijas y del mapa de industrias de la secretaria de salud y de la secretaria de ambiente, ya que la última actualización de estos fue en el 2014, con el fin de llevar seguimiento continuo a las fuentes fijas de emisiones.

Las localidades presentan en su mayoría fuentes móviles y fijas con un déficit en control y vigilancia que contribuye entre varias razones, al incumplimiento de los niveles máximos permisibles, para esto se recomienda que la SDA instale una estación de monitoreo de aire con el fin de fortalecer el seguimiento y control de la contaminación en la localidad.

El aforo de fuentes móviles se puede hacer en más puntos y por periodos de 24 horas continuas para tener un conteo más preciso de la cantidad de vehículos que transitan, esto permitiría que el factor de emisión sea más exacto.

Mejorar y facilitar el acceso a la base de datos del RIPS por parte de la SDS.

Llevar un registro de las enfermedades asociadas al contaminante en los días exactos de medición para comparar y correlacionar, hacer el seguimiento de estas enfermedades para la zona específica en la que se está realizando el estudio y no utilizar datos generales sino específicos.

Valorar económicamente la reducción de la exposición de la población al contaminante, a través de la atención médica.

Escoger más sitios de muestreo que se encuentren distribuidos entre zonas residenciales e industriales de tal forma que al realizar el muestreo aleatorio, los datos obtenidos sean estadísticamente más representativos.

Hacer estudios en industrias que se encuentren dentro de estas localidades con el fin de determinar si estas son fuentes generadoras de microorganismos.

La medición de contaminantes biológicos debería realizarse en diferentes temporadas climáticas del año, para tener más datos y poder establecer claramente el comportamiento de los microorganismos en el aire.

Realizar estudios donde se caractericen y especifiquen los microorganismos con el fin de conocer si son causantes de afecciones a la salud.

LIMITACIONES

- No fue posible contar con los RIPS del periodo requerido (noviembre y diciembre de 2018 y enero de 2019), debido a que la SDS no tomó esta investigación como un proyecto con fines académicos y restringió la información por razones administrativas. La falta de RIPS no permitió un análisis más detallado de las concentraciones de plomo en los días de muestreo con respecto a la morbilidad de los eventos presentados durante dicho periodo, por lo cual se utilizaron los boletines epidemiológicos de los meses de enero a noviembre del 2018.
- Solo se cuenta con tres muestras de plomo por sitio, debido a costos. La cantidad de muestras seleccionadas para analizar, no permite determinar una correlación significativa entre el plomo en el aire y las enfermedades respiratorias causadas por la exposición a este, además, sólo tener 3 muestras analizadas no permite establecer con certeza si se cumple o no la norma nacional e internacional.
- No se contó con inventario de fuentes móviles, ya que el costo total del documento era elevado y se salía del presupuesto estimado para la financiación del proyecto, por esto, se procedió a realizar el aforo vehicular por parte de todo el equipo de la investigación en días, puntos y horas estratégicamente seleccionados, teniendo así un estimado de los factores de emisión de los diferentes tipos de vehículos que transitan en los puntos establecidos en cada UPZ de interés.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Álvarez, Modelo para la evaluación de la concentración de plomo, cadmio y cromo contenidos en material particulado respirable en la localidad Los Mártires, Bogotá D.C, Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2014.
- [2] D. Olaya y F. Pérez, Caracterización cualitativa -cuantitativa de bioaerosoles relacionados con factores meteorológicos y material particulado en Puente Aranda Bogotá D.C., Bogotá D.C., Colombia: Universidad de La Salle, 2006.
- [3] E. Castañeda, M. Morales, F. Avelino, E. Chávez, T. Espinosa y T. Morales, Cuantificación de bioaerosoles en las áreas de proceso de una industria zapatera poblana y su relación con la salud de los trabajadores, Puebla, México: Enfermedades Infecciosas y Microbiología, 2006.
- [4] I. N. d. Salud y O. N. d. Salud, Carga de Enfermedad Ambiental, Décimo Informe Técnico Especial, Bogotá D.C.: ONS, 2018.
- [5] Secretaria Distrital de Ambiente. "Plan Ambiental local-localidad de Los Mártires" Bogotá, pp.42-43, 2017.
- [6] Alcaldía Local de Ciudad Bolívar. "Plan Ambiental local-localidad Ciudad Bolívar" Bogotá, pp.69-72, 2017.
- [7] L. F. Londoño, P. T. Londoño and F. G. Muñoz, "Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal", Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, vol. 14, no 2, pp. 145-153, 2016.
- [8] M. E. Pineda and A. M. Rodríguez, "Metales pesados (Cd, Cr y Hg): su impacto en el ambiente y posibles estrategias biotecnológicas para su remediación", I3+, investigación, innovación, ingeniería, vol. 2, no 2, pp. 82-112, agosto 2015.
- [9] R. Vigneri et. al., "Heavy metals in the volcanic environment and thyroid cancer", Molecular and cellular endocrinology, octubre 2016.
- [10] I. Diels et. al., "Heavy metals bioremediation of soil", Mol biotechnol, vol. 12, no 2, pp. 149-158, 1999.
- [11] T. Roane, C. Rensing, I. Pepper and R. Maier, "Microorganisms and metal pollutants", Environmental Microbiology, 3rd ed. Elsevier, pp.423-425, 2000.
- [12] C. Arciniegas, "Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM₁₀", Revista Luna Azul, no 34, pp. 195-213, enero-junio 2012.

- [13] Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 2007. Reseña Toxicológica del Plomo (versión actualizada) (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública.
- [14] M. M. Acosta de Armas y J. X. Montilla Peña, Evaluación de la contaminación por cadmio y plomo en agua, suelo, y sedimento y análisis de impactos ambientales en la subcuenca del Río Bogotá, Bogotá: Universidad de la Salle, 2011.
- [15] Servicio Agrícola y Ganadero de Chile, Criterios de Calidad de Suelos y Aguas de Riego, Santiago de Chile: SAG, 2006.
- [16] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Análisis del flujo del comercio y revisión de prácticas de manejo ambientalmente racionales de productos conteniendo cadmio, plomo y mercurio en América Latina y el Caribe, 2010.
- [17] Organización de Naciones Unidas. Programa Ambiental, «Key scientific findings for lead: an excerpt from Final review of scientific information», UNEP, 2010.
- [18] M. M. Valdivia, "Intoxicación por plomo", Hospital Nacional, Lima, 2005.
- [19] R. Llamazares, G. Esquivel y L. Merino, «Hongos Levaduriformes de interés médico en ambientes de aserraderos,» Universidad Nacional de Nordeste, Chaco, 2013.
- [20] W. Morgado, evaluación de bioaerosoles fungi asociados a un relleno sanitario ubicado en el municipio de Tubará, departamento del Atlántico, Manizales, Colombia: Universidad de Manizales, 2017.
- [21] Wang-Li, L, O.D. Simmons III, E. F. Wheeler. 2012. Bioaerosol sampling in animal environments. Air Quality Education in Animal Agriculture, eXtension. 15pp.
- [22] K. Rivera y P. Suárez, Caracterización del riesgo por la presencia de bioaerosoles en el área de urgencias del Hospital Meredi, Bogotá: Universidad Santo Tomás, 2016.
- [23] M. Culver (2015). "Calidad Del Aire Interior. Contaminantes Biológicos (Ii). Tipos De Muestreo" [Ebook] Pp.2-3. Available At: [Http://www.insht.es/inshtweb/Contenidos/Documentacion/Ntp/Ntp/Ficheros/1055a1065/Ntp-1064w.Pdf](http://www.insht.es/inshtweb/Contenidos/Documentacion/Ntp/Ntp/Ficheros/1055a1065/Ntp-1064w.Pdf)
- [24] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, "Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire", pp. 106-107, Bogotá, 2010

- [25] M. d. I. O. C. González, Calidad del aire interior. Contaminantes biológicos (II). Tipos de muestreo, Instituto Nacional de Seguridad de Higiene en el Trabajo (INSHT), 2015.
- [26] “Merck Millipore” (2018), [Online]. Available: <http://www.merckmillipore.com/CO/es/products/industrial-microbiology/environmental-monitoring/environmental-monitoring-for-food-and-beverage-industry/active-air-monitoring-systems/mas/1N6b.qB.GsIAAFAagE.1Zwo,nav>. [Último acceso: 09 mayo 2018].
- [27] DIBICO S.A. de C.V., Medios de cultivo deshidratados y preparados para microbiología. Catálogo de productos y precios 2018, La Joya. Cuautitlán Izcalli, Estado de México: DIBICO S.A. de C.V., 2018.
- [28] B. Dickinson, Instrucciones de uso de medios en placa listos para usar, 1st ed. Heidelberg, Alemania: Becton Dickinson GmbH BD, 2013, pp. 1-2.
- [29] Britania. (s.f.). Sangre agar base. Obtenido de https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_5b6b262facd0e.pdf
- [30] A. Cruz y A. Jiménez, Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos oportunistas y su relación con el material particulado (PM_{2.5} y PM₁₀) en la localidad de Puente Aranda, Bogotá D.C., Colombia: Universidad de La Salle, 2006.
- [31] Gestión de calidad del aire, Bogotá, 2015.
- [32] M.D.M. Ambiente, «Sistema Nacional de Información Ambiental,» 2013. [En línea]. Available: <http://sistemaintegrador.mma.gob.cl/mma-centralizador-publico/inicio.jsf>. [Último acceso: 20 mayo 2019].
- [33] M. Maldonado, J. Peña y D. Camarena, «bioaerosoles y evaluación de la calidad del aire en dos centros hospitalarios en Guanajuato, Mexico,» Int. Contam. Ambie.
- [34] «Descripción manejo de descripción manejo de Hi-Vol,» Universidad la Salle, Bogotá, 2017.
- [35] S. D. d. Planeación, «Monografía Ciudad Bolívar 2017», Alcaldía de Bogotá, Bogotá, 2018.
- [36] Veeduridistrital, «Ficha UPZ San Francisco - CIUDAD BOLIVAR», Bogotá, 2017.
- [37] S. d. I. y. E. Estratégicos, «Proyecciones Localidades y UPZ de Bogotá,» Secretaria de planeación, Bogotá, 2014.

- [38] Hospital Vista Hermosa, «Informe ejecutivo diagnóstico local Ciudad Bolívar,» Alcaldía de Bogotá, Bogotá, 2015.
- [39] S.D.H, «Diagnóstico localidad Ciudad Bolívar sector hábitat,» Alcaldía de Bogotá, Bogotá, 2011.
- [40] Alcaldía Local de Ciudad Bolívar. “Plan Ambiental local-localidad Ciudad Bolívar” Bogotá, pp.69-72, 2017.
- [41] S. D.P., «Monografía Los Mártires 2017,» Alcaldía de Bogotá, Bogotá, 2018.
- [42] Veeduría distrital, «Ficha UPZ La Sabana – Los Mártires,» Bogotá, 2017
- [43] S.D.H, «Diagnóstico localidad Los Mártires sector hábitat,» Alcaldía de Bogotá, Bogotá, 2011.
- [44] Secretaría Distrital de Ambiente (2017). Plan Ambiental local- localidad de Los Mártires. Bogotá, PP.42-43.
- [45] Resolución 2254 de 2017 "Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones", Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, pp. 2-3, Bogotá D.C., noviembre 2017.
- [46] Guías de calidad de la OMS relativas al material particulado, ozono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre. Actualización mundial: Organización Mundial de la Salud (OMS), pp. 9-11, 2005.
- [47] “La calidad del aire en Europa: informe 2012”, 1st ed. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, pp. 75-77, 2013.
- [48] “Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air”, Environmental Protection Agency. NASA/LANGLEY research center, Hampton, junio 1999.
- [49] A. L. d. L. Mártires, Plan Ambiental Local, Bogotá D.C., 2017.
- [50] A. M. d. Bogotá, Diagnóstico Local con Participación Social Ciudad Bolívar, Bogotá D.C., 2014.
- [51] S. d. Salud, Documento Análisis de Condiciones de Calidad de Vida, Salud y Enfermedad, Bogotá D.C., 2016.
- [52] S. D. d. Ambiente, Informe día sin carro y sin moto febrero 1 de 2018, Bogotá D.C.: Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., 2018.

[53] INVIAS, «Volúmenes de tránsito: TPD Cundinamarca», Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://invias.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=daa4687ad91b4c4d9ad92ae6adc2f8e0>.

[54] A. L. R. Pérez, «ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE CONTAMINANTES PROVENIENTES DE FUENTES MÓVILES EN LA JURISDICCIÓN CAR», Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., 2015.

[55] Environmental Protection Agency, «Compendium Method IO-3.1 Selection, preparation and extraction of filter material., » EPA, EE. UU, 1999.

[56] MAVDT, Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, Bogotá, 2008

[57] Z. Quirós, Monitoreo de calidad del aire en el área de influencia del proyecto “Estructuración técnica de la Primera Línea del Metro de Bogotá (PLMB)”, ubicado en el área urbana de Bogotá, departamento de Cundinamarca, para la empresa INGETEC S.A., Bogotá: K2 Ingeniería S.A.S., 2017.

[58] Compendium Method IO 3.5 " Determination of Metals in Ambient Particulate Matter Using Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry", 1st ed. Cincinnati: U.S. Environmental Agency Protection, 1999.

[59] A. Hernández, L. Guzmán y M. López, «IDEAM. Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del aire (versión 1,00)», Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia – Indicadores de Calidad del aire, 2018.

[60] INSHT, Norma Técnica de Prevención 1.064: Calidad del Aire Interior, España: Contaminantes biológicos (I): estrategia de muestreo, 2015.

[61] Merckmillipore. (s.f.). Sistemas de control microbiológico del aire MAS-100. Obtenido de <http://www.merckmillipore.com/CO/es/products/industrial-microbiology/environmental-monitoring/environmental-monitoring-for-pharmaceutical-and-cosmetics-industry/active-air-monitoring-systems/mas/J7ub.qB.4vwAAFA7QE.1Zwo,na>

[62] L. d. T. Educativa, Batería de pruebas API20E, Salamanca: Departamento de Microbiología y Genética. Universidad Salamanca.

[63] L. E. López-Jácome, M. Hernández-Durán y C. A. Colín-Castro, «Las tinciones básicas en el laboratorio», Investigación en Discapacidad, vol. 3, nº 1, pp. 10-18, 2013.

[64] E. Miranda Ruiz, «Contaminación Atmosférica por Basura en el Relleno Sanitario de Piura,» Universidad Nacional de Ucayali, 2011.

[65] G. d. Navarra, Soldadura, Gobierno de Navarra. Departamento de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda, 2001.

[66] R. S. P. Ochoa, Impactos ambientales generados por la curtiembre D-Leyse, en el distrito de El Porvenir, Provincia Trujillo, Región La Libertad, Tongo María, Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva. Facultad de Recursos Naturales Renovables. Departamento Académico de Ciencias Naturales, 2012.

[67] D. Fernández, Contaminantes en industrias metalmecánicas, 2016.

[68] M. Repetto y G. Repetto, Toxicología Fundamental, Sevilla: Instituto Nacional de Toxicología, 2015.

[69] Davis, Dulbecco, Eisen, Ginsberg y Wood, Tratado de Microbiología, España: Salvat Editoriales, S.A. p. 156-157, 1974.

[70] Á. Álvarez y G. Mesa, Correlación de microorganismos patógenos existentes en los ambientes intra y extramural, presentes en jardines infantiles más y menos influenciados por factores contaminantes ubicados en las localidades de Fontibón y Kennedy, Bogotá D.C., Colombia: Universidad de La Salle, 2009.

[71] Murray, Rosenthal y Pfaller, Microbiología médica, Barcelona, España: Elseiver pp. 143-151, 574-584, 2017.

[72] P. Vinuesa, Correlación Teoría y Práctica, CCG-UNAM, 2016.

[73] I. N. d. S. e. H. e. e. Trabajo, Trichophyton spp, España, 2013.

[74] C. Degobbi, F. D. T. Q. S. Lopes, R. Carvalho-Oliveira, J. E. Muñoz, y P. H. N. Saldiva, «Correlation of fungi and endotoxin with PM_{2.5} and meteorological parameters in atmosphere of Sao Paulo, Brazil», Atmos. Environ., vol. 45, no 13, pp. 2277-2283, abr. 2011.

[75] S. Mentese, A. Y. Rad, M. Arisoy, y G. Güllü, «Seasonal and Spatial Variations of Bioaerosols in Indoor Urban Environments, Ankara, Turkey», Indoor Built Environ., vol. 21, no 6, pp. 797-810, dic. 2012.

[76] Y. Zhai, X. Li, T. Wang, B. Wang, C. Li, y G. Zeng, «A review on airborne microorganisms in particulate matters: Composition, characteristics and influence factors», Environ. Int., vol. 113, pp. 74-90, abr. 2018

[77] D. R. O. Escobar y F. A. P. Rojas, «CARACTERIZACIÓN CUALITATIVA - CUANTITATIVA DE BIOAEROSOLES RELACIONADOS CON FACTORES

METEOROLÓGICOS Y MATERIAL PARTICULADO EN PUENTE ARANDA BOGOTÁ D.C.», Universidad de la Salle, Bogotá D.C., 2006.

[78] M. C. D. L. ROSA, M. A. MOSSO y C. ULLÁN, «El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos,» Observatorio Medioambiental, vol. 5, pp. 375-402, 2002.

[79] M. Gonzales y C. Torres, Incidencia en las variables meteorológicas en el comportamiento de la concentración de PM₁₀ y NO_x, Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2015.

[80] R. Ramos y V. Meza, «Efectos de algunos factores meteorológicos sobre la concentración de esporas de hongos sobre la plaza San Martín de Lima,» Ecología aplicada, pp. 144-149, 2017.

[81] J. Navarrete Rodríguez y N. Yaneth Rueda, «Secretaría de Salud,» 2019. [En línea]. Available: http://www.saludcapital.gov.co/DSP/Paginas/boletines_tematicos.aspx?RootFolder=%2FDSP%2FBoletines%20tematicos%2FUrgencias%20y%20Emergencias%20en%20Salud%20P%C3%BAblica%2F2018&FolderCTID=0x0120003409AB5067F86142A21A8A6D27EB6E8B&View={C12ED1BC-DE27-49B1-83E2}. [Último acceso: 10 junio 2019].

[82] L. S. Newman, «Enfermedades relacionadas con la contaminación del aire,» MSD, 2014.

[83] «OMS,» 23 agosto 2018. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>. [Último acceso: 17 mayo 2019].

[84] MTAS. «Contaminantes biológicos: evaluación en ambientes laborales,» España.

[85] S. Gaviria Muñoz, «Informe de gestión anual 2015 del Departamento Nacional de Planeación», 1st ed. Colombia, 2015.

[86] Secretaría Distrital de Planeación, «Proyección de población por localidades para Bogotá 2016-2020», Bogotá ciudad de estadística, Bogotá D.C., Alcaldía mayor de Bogotá, 2014.

[87] Ministerio de Ambiente y Desarrollo, «Diagnóstico de Salud Ambiental» República de Colombia, 2012.

[88] DANE, *Clasificación Industrial Internacional Unifrome de todas las actividades económicas. Revisión 4 adaptada para Colombia*, Bogotá D.C.: Diseño y

diagramación en la Dirección de Difusión, Mercadeo y Cultura Estadística del Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2012.

[89] C. Samacá y C. Mogollón, *Evaluación de las concentraciones de plomo, cadmio y cromo contenido en el material particulado menor a 10 micrómetros y establecimiento de asociaciones con las fuentes de emisión existentes en la localidad de Los Mártires- Bogotá D.C.*, Bogotá D.C.: Universidad de La Salle, 2014.

[90] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, *Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire*, Bogotá D.C., 2008.

[91] Secretaría Distrital de Ambiente, *Índice Bogotano de Calidad del Aire*, Bogotá D.C.: Alcaldía Mayor de Bogotá D.C..

[92] M. Barreto, M. Castillo-Ruiz y P. Retamal, «Salmonella enterica: una revisión de la trilogía agente, hospedero y ambiente, y su trascendencia en Chile,» *Revista chilena de infectología*, vol. 33, nº 5, 2016.

[93] J. Cuervo, *AISLAMIENTO Y CARACTERIZACION DE Bacillus spp COMO FIJADORES BIOLÓGICOS DE NITROGENO Y SOLUBILIZADORES DE FOSFATOS EN DOS MUESTRAS DE BIOFERTILIZANTES COMERCIALES*, Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana, 2010.

[94] J. Vanegas, G. Roncancio y J. Jiménez, «Acinetobacter baumannii: importancia clínica, mecanismos de resistencia y diagnóstico,» *CES Med*, vol. 28, nº 2, pp. 233-246, 2014.

[95] A. Pahissa, *Infecciones producidas por Staphylococcus aureus*, Barcelona: ICG, Marge, SL, 2009.

[96] B. Doublet, F. Robin, I. Casin, L. Fabre, A. L. Fleche, R. Bonnet y F.-X. Weill, «Molecular and Biochemical Characterization of the Natural Chromosome-Encoded Class A B-Lactamase from Pseudomonas luteola,» *ANTIMICROBIAL AGENTS AND CHEMOTHERAPY*, vol. 54, nº 1, pp. 45-51, 2010.

[97] K. DEVREESE, G. CLAEYS y G. VERSCHRAEGEN, «Septicemia with Ewingella americana,» *JOURNAL OF CLINICAL MICROBIOLOGY*, vol. 30, nº 10, pp. 2746-2747, 1992.

[98] J. E. Reyes, M. E. Venturini, R. Oria y D. Blanco, «Prevalence of Ewingella americana in retail fresh cultivated mushrooms (Agaricus bisporus, Lentinula edodes and Pleurotus ostreatus) in Zaragoza (Spain),» *FEMS Microbiology Ecology*, vol. 47, nº 3, pp. 291-296, 2004.

[99] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, *Penicillium spp.*, 2016.

[100] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, *Microsporium spp.*, 2016.

[101] E. Arias y P. Piñeros, *Aislamiento e identificación de hongos filamentosos de muestras de suelo de los páramos de Guasca y Cruz Verde*, Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana, 2008.

[102] B. Davis, R. Dulbecco, H. Eisen, H. Ginsberg y W. Wood, *Tratado de microbiología*, España: Salvat Editoriales, S.A. p. 156-157, 1974.

ANEXOS

A. Anexo: Inventario de fuentes fijas actualizado

En la tabla A-1 se muestran las industrias verificadas en campo de la UPZ San Francisco.

Tabla A-1. Inventario de fuentes fijas actualizado (Ciudad Bolívar)

NOMBRE RAZON SOCIAL	DIRECCIÓN	ACTIVIDAD ECONOMICA
AUTOLAVADO EL GORDO	AC 19 SUR 59A 55	Lavaderos de vehículos
N.N	CL 59B SUR 19B 18	Reparación de vehículos automotores
METALICAS FERNANDO SALAZAR	CL 59B SUR 19B 32	Servicios de ornamentación
N.N	CL 59B SUR 19B 61	Depósito de chatarra
N.N	CL 59B SUR 19B 67	Fabricación de productos en madera para el hogar
N.N	CL 59B SUR 19C 05	Fabricación de productos en madera para el hogar
N.N	CL 59D SUR 19D 16	Fabricación de calzado
VIDRIOS JOAQUIN	CL 60 SUR 19 11	Vidriería y marquetería
EL PRECISO	CL 60A SUR 19 32	Fabricación de productos en madera para el hogar
FERREELECTRICOS JASH	CL 61 SUR 19 05	Ferretería
DANJHO MOTOS	CL 61B SUR 19F 15	Reparación de vehículos automotores
AVISOS PUNTO JOTA	CL 61B SUR 19G 20	Actividades de impresión y litografía
FERRETERIA C.M.	CL 62 SUR 19B 25	Ferretería
ALUMAK	CL 62 SUR 19C 02	Ferretería
RENDER PUBLICIDAD	CL 62 SUR 19F 09 LC 1	Actividades de impresión y litografía
PUBLIKATE	CL 62 SUR 19F 09 LC 2	Actividades de impresión y litografía
PUBLI-SITE	CL 62 SUR 19F 10	Actividades de impresión y litografía
N.N	CL 62 SUR 32 51	Servicios de ornamentación
FERREELECTRICOS J.R.	CL 62 SUR 32 81	Ferretería

NOMBRE RAZON SOCIAL	DIRECCIÓN	ACTIVIDAD ECONOMICA
N.N	CL 62 SUR 37C 41	Reparación de vehículos automotores
LAVADERO MAXIMOTOS	CL 62 SUR 42C 32 LC 111	Reparación de vehículos automotores
INDUMETALICAS SANCHEZ	CL 62A SUR 19B 62	Fábricas de estructuras metálicas
N.N	CL 62B SUR 30 44	Fabricación de calzado
N.N	CL 62B SUR 37 54 LC2	Actividades de impresión y litografía
ARTESANIAS PIOLIN	CL 63 SUR 18R 16	Fabricación de productos en madera para el hogar
CLAUDIO BARRERA	CL 63 SUR 18R 16 PI 1	Fabricación de productos en madera para el hogar
CLOSET LLEE	CL 63 SUR 18R 16 PI 1 LC 2	Fabricación de productos en madera para el hogar
FUNDICION DE ALUMUNIO DIEGO Y NICO	CL 63 SUR 18T 46	Fundición de metales
DEPOSITO Y FERRETERIA EL GRAN FUTURO	CL 63 SUR 18T 52	Ferretería
FORMAS Y DISEÑOS GARZON	CL 63 SUR 19D 25	Vidriería y marquetería
ORNAMENTACION EIFFEL	CL 63 SUR 19D 25	Fábricas de estructuras metálicas
FABRICA DE CALZADO ARAYA	CL 63 SUR 19F 12	Fabricación de calzado
N.N	CL 63 SUR 19F 12	Fábricas de prendas de vestir
LAVANDERIA TAYRONA	CL 63 SUR 19G 06	Lava seco
ALFALUM	CL 63 SUR 19G 23	Vidriería y marquetería
TALLER MI MOTO	CL 63 SUR 19G 24	Reparación de vehículos automotores
REMONTADORA COLACHO	CL 63 SUR 20B 36	Fabricación de calzado
VIDRIERIA Y ALUMINIOS EL COSTEÑO	CL 63 SUR 20C 13	Vidriería y marquetería
MIAMI MOTOS	CL 63 SUR 22 03	Reparación de vehículos automotores
FERRELECTRICOS GLOBAL	CL 63 SUR 22B 11	Ferretería
FERREREPUESTOS A.P.	CL 63 SUR 37C 34	Ferretería
MOTO LAVADO CLEAN BIKES	CL 63 SUR 37C 54	Lavaderos de vehículos
IMPRESION JMR	CL 63A SUR 22A 15	Actividades de impresión y litografía

NOMBRE RAZON SOCIAL	DIRECCIÓN	ACTIVIDAD ECONOMICA
WALTER ARIAS MERCHAN	CL 63A SUR 22A 28	Fabricación de productos en madera para el hogar
THE CLEANER MOTOLAVADO	CL 63A SUR 22A 38	Lavaderos de vehículos
VIDRIOS C Y F	CL 63B SUR 22B 04	Vidriería y marquetería
MONSTER PAINT	CL 63B SUR 37 44	Reparación de vehículos automotores
FERRETERIA BELFOR	CL 63D SUR 18T 93	Ferretería
ESTRUCTURAS METÁLICAS EIFFEL	CL 63D SUR 19 25	Servicios de ornamentación
N.N	CL 63D SUR 19 90	Fabricación de productos en madera para el hogar
N.N	CL 64 SUR 20A 18	Fabricación de productos plásticos
N.N	CL 64 SUR 20C 13	Servicios de ornamentación
MOTOJUNGLA	CL 64 SUR 20C 30	Reparación de vehículos automotores
FERREDEPOSITO LA 64	CL 64 SUR 20D 16	Ferretería
FERRELECTRICOS J.G.B.	CL 64 SUR 21 20	Ferretería
REMONTADORA DEVALY	CL 64 SUR 21A 09	Fabricación de calzado
CHAQUETAS CARDONA	CL 64 SUR 22 20	Fabricación de productos en cuero
FERRE DUCHAS	CL 64 SUR 22A 20	Ferretería
N.N	CL 64 SUR 22A 28	Ferretería
LAVASECO CANDELARIA	CL 64 SUR 22H 15	Lava seco
FERRETERIA LAS 4 JOTAS	CL 64 SUR 22I 05	Ferretería
TALLER JHON RACING	CL 64 SUR 23A 22	Reparación de vehículos automotores
MONTALLANTAS EL TIO DE JENNY	CL 64 SUR 23A 26	Reparación de vehículos automotores
MOTO SPA	CL 64 SUR 23A 27	Reparación de vehículos automotores
LUBRICANTES LA 64	CL 64 SUR 23A 27	Reparación de vehículos automotores
TALLER DE MOTOS KILO	CL 64 SUR 23A 27 LC 2	Reparación de vehículos automotores
ALMACEN DE RESPUESTOS SARAY	CL 64 SUR 23A 28	Reparación de vehículos automotores
FERREPUESTOS CANDELARIA	CL 64 SUR 32 19	Ferretería
LAVASECO LAS AMERICAS	CL 64 SUR 35 27	Lava seco
PLASTICOS REGOPLAST	CL 64B SUR 18T 38	Fabricación de productos plásticos
REMONTADORA	CL 64B SUR 26 04	Fabricación de calzado

NOMBRE RAZON SOCIAL	DIRECCIÓN	ACTIVIDAD ECONOMICA
ELECTRO ARISTIZABAL	CL 65 SUR 19D 26	Ferretería
EL PORTAL LC 2	CL 65 SUR 19F 20	Fabricación de productos de madera para el hogar
PURO CUERO	CL 65 SUR 19G 03	Fabricación de productos en cuero
EL PUNTO DEL COLOR	CL 65 SUR 20C 09	Comercializadoras y fábrica de pinturas
N.N	CL 65 SUR 21A 28	Fabricación de calzado
METALICAS ORTIZ	CL 65C SUR 19B 84	Servicios de ornamentación
N.N	CL 66 SUR 19D 04	Ferretería
PINTURAS CHARLY COLORS	CL 66 SUR 19D 31	Comercializadoras y fábrica de pinturas
DEPOSITO EN EL EXITO	CL 66 SUR 19F 36	Almacenamiento de materiales de construcción
DELUXE LAVANDERIA	CL 66 SUR 20 16	Lava seco
FERREELECTRICOS Y CERRAJERIA MULTIPUNTO	CL 66 SUR 20 34	Ferretería
PUNTO CENTRAL DE LA CONSTRUCCION	CL 66 SUR 20A 22	Ferretería
TALLERES JAMES SANCHEZ	CL 66 SUR 20F 20	Reparación de vehículos automotores
J.P.	CL 66 SUR 21A 30	Lavaderos de vehículos
LAVASECO MARVILMATIC	CL 66A SUR 21 41	Lava seco
N.N	CL 67 SUR 20 28	Fabricación de calzado
VIDRIOS J.R.	CL 67 SUR 20C 03	Vidriería y marquetería
SASTRERIA	CL 67 SUR 20D 07	Fábricas de prendas de vestir
MONTALLANTAS MAX	CL 68 SUR 19D 05	Reparación de vehículos automotores
N.N	CL 68 SUR 19G 11	Reparación de vehículos automotores
REFRIVENT	CL 68 SUR 22A 47	Fábricas de estructuras metálicas
BALLECE ORNAMENTACIÓN	CL 68 SUR 22B 11	Servicios de ornamentación
CARPINTERIA EXPRESS	CL 68A SUR 22A 64	Fabricación de productos en madera para el hogar
STELLA MUÑOZ AREVALO	CL 68D SUR 20A 21	Fábricas de prendas de vestir
FERRETERIA EL CAMINO	CL 68D SUR 31A 15	Ferretería
CARBONERA LUZALBA WILCHES	Cra 19 bis # 69-11 sur	Obtención de carbón vegetal
N.N	DG 19G SUR 62 60	Reparación de vehículos automotores

NOMBRE RAZON SOCIAL	DIRECCIÓN	ACTIVIDAD ECONOMICA
WILSON MOTOS	DG 61 SUR 21 05	Reparación de vehículos automotores
N.N	DG 62 SUR 19 60	Fabricación de productos en madera para el hogar
TODO CUEROS	DG 62 SUR 19A 33	Fabricación de productos en cuero
LUJOS Y ACCESORIOS CARS	DG 62 SUR 19B 77	Reparación de vehículos automotores
RESPUESTOS WILMER	DG 62 SUR 19B 81	Reparación de vehículos automotores
DEPOSITO DE MADERA LOS PINOS ROLDAN	DG 62 SUR 19D 10	Fabricación de productos en madera para el hogar
PRODUCTOS DESECHABLES LAS TOM	DG 62 SUR 19D 42	Fabricación de productos plásticos
AVISOS GIOVANNY	DG 62 SUR 19D 51	Actividades de impresión y litografía
N.N	DG 62 SUR 19D 52	Reparación de vehículos automotores
COMPRA Y VENTA DE MUEBLES	DG 62 SUR 19D 56	Fabricación de productos de madera para el hogar
N.N	DG 62 SUR 19D 64	Fabricación de productos en madera para el hogar
MOTO LAVADO SAN FRANCISCO	DG 62 SUR 19D 69	Lavaderos de vehículos
REPUESTOS Y ACCESORIOS M Y M	DG 62 SUR 19D 92	Reparación de vehículos automotores
REPUESTOS Y ACCESORIOS M Y M	DG 62 SUR 19D 92 LC 02	Reparación de vehículos automotores
MULTINACIONAL DE MUEBLES NATANAEL	DG 62 SUR 19G 03	Fabricación de productos en madera para el hogar
N.N	DG 62 SUR 19G 08 LC 02	Servicios de ornamentación
N.N	DG 62 SUR 19G 09	Reparación de vehículos automotores
LA LINEA DEL COLOR	DG 62 SUR 19G 17	Comercializadoras y fábrica de pinturas
TALLER MOTORICHARD	DG 62 SUR 19G 45	Reparación de vehículos automotores
FERRELECTRICOS	DG 62 SUR 20 46	Ferretería
LA CASA DE LA PUERTA Y LA VENTANA	DG 62 SUR 20A 25	Fábricas de estructuras metálicas
N.N	DG 62 SUR 20B 07	Fabricación de productos en madera para el hogar
LUJOS LA PRIMERA	DG 62 SUR 20C 08	Reparación de vehículos automotores
COLOR MD	DG 62 SUR 20C 17	Comercializadoras y fábrica de pinturas
CLOSET LLEE	DG 62 SUR 20D 19	Fabricación de productos en madera para el hogar

NOMBRE RAZON SOCIAL	DIRECCIÓN	ACTIVIDAD ECONOMICA
REPUESTOS Y ACCESORIOS WILSON MOTORS	DG 62 SUR 21 05	Reparación de vehículos automotores
N.N	DG 62 SUR 21 21	Lavaderos de vehículos
AUTOPINTURAS SAN FRANCISCO	DG 62 SUR 21A 23	Comercializadoras y fábrica de pinturas
TEXACO CIUDAD BOLIVAR	DG 62 SUR 21A 36	Estaciones de servicio
ALV SERVICIOS Y SUMINISTRO PETROBRAS	DG 62 SUR 22 04	Estaciones de servicio
AUTO PINTURAS JAGUAR	DG 62 SUR 22 29	Ferretería
AUTOLAVADO LOS PAISANOS	DG 62 SUR 22A 07	Lavaderos de vehículos
CALZADO YOSTIK	DG 62D SUR 19C 72	Fabricación de calzado
N.N	DG 63 SUR 19 31	Reparación de vehículos automotores
DEPOSITO DE MATERIALES SAN LUIS	DG 64 BIS SUR 19 17	Almacenamiento de materiales de construcción
N.N	DG 64 BIS SUR 19B 40	Reparación de vehículos automotores
N.N	DG 64 BIS SUR 19C 21	Fabricación de estructuras metálicas
MOTALLANTAS J.M.	DG 64A SUR 41 10	Reparación de vehículos automotores
CALZADO YUIMAR	DG 64B SUR 19B 65	Fabricación de calzado
SERVIELECTRICO MACGYVER	DG 65 SUR 19B 49	Reparación de vehículos automotores
N.N	DG 65 SUR 19B 75 LC 1	Reparación de vehículos automotores
N.N	DG 65 SUR 19B 78	Fabricación de productos en madera para el hogar
FERRETERIA R.P.R.	DG 65 SUR 36 38	Ferretería
CARPIMOVIL	DG 65C SUR 19B 31	Fabricación de productos en madera para el hogar
N.N	DG 65C SUR 19B 69	Reparación de vehículos automotores
N.N	DG 65C SUR 19B 84	Fabricación de productos en madera para el hogar
FERRELECTRICOS MUNDIAL	DG 67B SUR 28 21 SUPERLOTE 2 MZ H CA 5	Ferretería
DEPOSITO Y FERRETERIA M.S.	DG 67B SUR 33 05	Ferretería

NOMBRE RAZON SOCIAL	DIRECCIÓN	ACTIVIDAD ECONOMICA
FORJAS DEL SUR	DG 68 SUR 19C 08	Fundición de metales
SMART MOTOS	DG 68B SUR 19C 08	Reparación de vehículos automotores
FERRETERIA Y DEPOSITO LAS TORRES GEMELAS	DG 68J SUR 30 28	Ferretería
LUIS ERNESTO LEE	KR 18T 62 56 SUR	Fabricación de productos en madera para el hogar
ARQUITECTURA D´ACERO	KR 18Z 62 41 SUR PI 1	Ferretería
BRONCECOL	KR 18Z 62 41 SUR PI 2	Fábricas de estructuras metálicas
ORNAMENTACION PAG	KR 18Z 63 46 SUR	Servicios de ornamentación
RECEBERA CERRO COLORADO	KR 18Z 69C 49 SUR	Extracción de materiales de construcción (canteras)
TALLER EL MONO	KR 19 60 17 SUR	Reparación de vehículos automotores
LA SUCURSAL	KR 19 60 23 SUR	Reparación de vehículos automotores
HENRY AROCA	KR 19 61B 97 SUR	Fabricación de productos en madera para el hogar
MADERAS VILLALBA	KR 19 62 15 SUR	Fabricación de productos en madera para el hogar
VICTOR MANUEL PARRAGA	KR 19 62A 25 SUR	Servicios de ornamentación
ASERRADERO LAS ACACIAS	KR 19 63 35 SUR	Fabricación de productos en madera para el hogar
DEMOLICIONES SANTA FE	KR 19A 60A 11 SUR	Servicios de ornamentación
EBENEZER PUNTO DE FABRICA	KR 19B 61 26 SUR	Fábricas de prendas de vestir
ORNAMENTACION ARC	KR 19B 61A 07 SUR	Servicios de ornamentación
JORS	KR 19B 61B 58 SUR	Fabricación de calzado
TALLER J.M	KR 19B 65 07 SUR	Reparación de vehículos automotores
BASE CAMAS CHAMPIONS	KR 19B 68 35 SUR	Fábricas de colchones
BASE CAMA ISABELA	KR 19B 68 38 SUR	Fábricas de colchones
TALLER DE MOTOS HERNANDEZ	KR 19B BIS 60A 09 SUR	Reparación de vehículos automotores
FÁBRICA DE MUEBLES YOPAL	KR 19B BIS 60A 10 SUR	Fabricación de productos en madera para el hogar

NOMBRE RAZON SOCIAL	DIRECCIÓN	ACTIVIDAD ECONOMICA
MONTAJES Y ESTRUCTURAS H.R. S.A.S.	KR 19B BIS 61A 31 SUR	Fábricas de estructuras metálicas
ALUMET J.R. S.A.S.	KR 19B BIS 61A 44 SUR	Fábricas de estructuras metálicas
EXPRESION PUBLICIDAD	KR 19C 31 10 SUR	Actividades de impresión y litografía
N.N	KR 19C 61A 32 SUR	Reparación de vehículos automotores
N.N	KR 19C 61B 35 SUR	Servicios de ornamentación
N.N	KR 19C 62A 22 SUR	Reparación de vehículos automotores
RENOVACION DE TENIS Y CALZADO EL BERRIONDO	KR 19C 68 00 SUR	Fabricación de calzado
N.N	KR 19C 68 02 SUR LC 1	Reparación de vehículos automotores
MOTO SPA	KR 19C 68 02 SUR LC 2	Lavaderos de vehículos
N.N	KR 19D 59A 31 SUR	Reparación de vehículos automotores
LAVANDERIA EL EMPERADOR	KR 19D 60B 05 SUR LC 2	Lava seco
FERRETERIA Y ELECTRICOS J.T.	KR 19D 60B 38 SUR	Ferretería
PINTU EDISSON	KR 19D 61A 14 SUR	Comercializadoras y fábrica de pinturas
JIS IMPRESORES	KR 19D 61A 28 SUR	Actividades de impresión y litografía
FERRETERIA RIN-MART	KR 19D 61A 33 SUR	Ferretería
DOBLADORA Y CANALES	KR 19D 61A 52 SUR	Servicio de corte y doblado
FERREDOTACIONES SAMU	KR 19D 61A 75 SUR	Ferretería
LUMI-TON	KR 19D 61B 39 SUR	Comercializadoras y fábrica de pinturas
FERREDEPOSITO 2001 A	KR 19D 61B 50 SUR	Ferretería
DEPOSITO Y FERRETERIA 2000A	KR 19D 62C 09 SUR	Ferretería
FERRELECTRICOS SAN MARCOS	KR 19D 64 45 SUR	Ferretería
UNION PANAMERICANA DE INVERSIONES	KR 19D 64 80 SUR	Estaciones de servicio
LAVASECO PRONTO EXPRESS	KR 19D 65 68 SUR	Lava seco

NOMBRE RAZON SOCIAL	DIRECCIÓN	ACTIVIDAD ECONOMICA
FERRELECTOR	KR 19D 65 76 SUR	Ferretería
DEPOSITO EL PARADERO	KR 19D 65 89 SUR	Ferretería
PINTURAS J.R.	KR 19D 66 65 SUR	Comercializadoras y fábrica de pinturas
FERRETERIA A Y M	KR 19D 66 84 SUR	Ferretería
TALLER DE MOTOS	KR 19D 67 40 SUR	Reparación de vehículos automotores
VIDRIO, ALUMINIOS Y ESPEJOS VEGA B.C.	KR 19D 67 64 SUR	Vidriería y marquetería
FERRETERIA LA SATIVENITA D.J.	KR 19D 67 78 SUR	Ferretería
N.N	KR 19F 61B 71 SUR	Servicios de ornamentación
N.N	KR 19F 62 46 SUR	Reparación de vehículos automotores
EXOSTOS Y RADIADORES	KR 19F 64 59 SUR	Reparación de vehículos automotores
VIDRIOS Y ESPEJOS FERNANDO	KR 19F 66 15 SUR	Vidriería y marquetería
VIDRIO Y ESPEJOS FERNANDO	KR 19F 66 31 SUR	Vidriería y marquetería
CARPINTERÍA Y MUEBLES BRAYAN	KR 19F 66 95 SUR	Fabricación de productos en madera para el hogar
N.N	KR 19F 68 09 SUR	Servicios de ornamentación
N.N	KR 19F 68 17 SUR	Servicios de ornamentación
N.N	KR 19F 68 31 SUR	Tapicería
INGENIERIA METALICA G Y D	KR 19F 68 45 SUR	Servicios de ornamentación
N.N	KR 19G 61B 10 SUR	Reparación de vehículos automotores
N.N	KR 19G 60 31 SUR	Reparación de vehículos automotores
TROFIARTES	KR 19G 60 69 SUR	Fabricación de productos en madera para el hogar
N.N	KR 19G 60A 07 SUR	Comercializadoras y fábrica de pinturas
NUEVO SERVICIO DE FERRETERIA EL UNICO	KR 19G 61 11 SUR	Ferretería
TAPICERIA MASTER	KR 19G 61 20 SUR	Fabricación de productos en madera para el hogar
N.N	KR 19G 61A 19 SUR	Fábricas de colchones
HERMANOS GARAY	KR 19G 61A 64 SUR	Comercializadoras al por menor productos químicos
MOTOS MARSHALL	KR 19G 61B 33 SUR	Reparación de vehículos automotores

NOMBRE RAZON SOCIAL	DIRECCIÓN	ACTIVIDAD ECONOMICA
COLCHONES Y COJINES PAULA ANDREA	KR 19G 61B 60 SUR	Fábricas de colchones
FABRICA DE EXOSTOS J.B.	KR 19G 61B 74 SUR	Reparación de vehículos automotores
FERRETERIA J.T	KR 19G 62 39 SUR	Ferretería
N.N	KR 19G 62 41 SUR	Reparación de vehículos automotores
N.N	KR 19G 62 60 SUR	Tapicería
N.N	KR 19G 64 45 SUR	Fabricación de productos en madera para el hogar
N.N	KR 19G 65 21 SUR	Reparación de vehículos automotores
N.N	KR 19G 65 23 SUR	Reparación de vehículos automotores
ALMACEN DE CALZADO JOHAN	KR 19G 65 75 SUR	Fabricación de calzado
VIDRIOS ROCADORA	KR 19G 65 76 SUR	Ferretería
LAVASECO FULL TONO	KR 19G 65 81 SUR	Lava seco
FERREELECTRICOS J.P.	KR 19G 66 19 SUR	Ferretería
FERRELECTRICOS J.P.	KR 19G 66 21 SUR	Ferretería
N.N	KR 19G 66 30 SUR	Reparación de vehículos automotores
SHADDAI	KR 19G 66 60 SUR	Reparación de vehículos automotores
N.N	KR 19G 66 77 SUR	Reparación de vehículos automotores
N.N	KR 19G 67 60 SUR	Reparación de vehículos automotores
N.N	KR 19H 60 98 SUR	Fabricación de productos plásticos
N.N	KR 20 61A 18 SUR	Ferretería
VIDRIOS Y ESPEJOS MARQUETERIA	KR 20 61A 32 SUR	Vidriería y marquetería
N.N	KR 20 61B 54 SUR	Fabricación de productos en madera para el hogar
N.N	KR 20 63 80 SUR	Reparación de vehículos automotores
FERREMORA	KR 20 65 11 SUR	Ferretería
VIDRIERIA Y MARQUETERIA J R Y P	KR 20 65 81 SUR	Vidriería y marquetería
FERREALBERTO	KR 20 66 38 SUR	Ferretería
INDUMETALICAS AVG	KR 20 66 60 SUR	Ferretería
INDUMETALICAS AVG	KR 20 66 79 SUR	Fábricas de estructuras metálicas
AUTO SPA AS	KR 20A 61A 05 SUR	Lavaderos de vehículos

NOMBRE RAZON SOCIAL	DIRECCIÓN	ACTIVIDAD ECONOMICA
TALLER DE PINTURA AUTOMOTRIZ AF CARS	KR 20A 61A 28 SUR	Reparación de vehículos automotores
INDUSTRIAS FC	KR 20A 61B 25 SUR	Fabricación de productos plásticos
CARPINTERIA Y EBANISTERIA VALENCIA	KR 20A 61B 32 SUR	Fabricación de productos en madera para el hogar
SERVIFRENOS MAHECHA	KR 20A 61B 47 SUR	Reparación de vehículos automotores
ITALDIESEL	KR 20A 61B 70 SUR	Reparación de vehículos automotores
FRENOS	KR 20A 62 81 SUR	Reparación de vehículos automotores
N.N	KR 20A 63 41 SUR	Fabricación de calzado
N.N	KR 20A 63 60	Servicios de ornamentación
AUTO SPORT TAPIZADOS	KR 20A 63 81 SUR	Reparación de vehículos automotores
PELETERIA PEGASSO	KR 20A 63 91 SUR	Fabricación de calzado
FERRETERIA	KR 20A 63 95 SUR LC 01	Ferretería
FERRE ANDREST	KR 20A 64 04 SUR	Ferretería
N.N	KR 20A 64 44 SUR	Fabricación de calzado
TALLER MEGA	KR 20A 64 80 SUR	Reparación de vehículos automotores
MONO COLOR	KR 20A 64 88 SUR	Lavaderos de vehículos
CALZADO LA PIRAMIDE	KR 20A 65 69 SUR	Fabricación de calzado
TALLERES FRANCY AUTOS	KR 20A 66 33 SUR	Reparación de vehículos automotores
TALLERES FRANCY AUTOS	KR 20A 66 33 SUR	Reparación de vehículos automotores
CONSTRUCCION Y MANTEMIENTO R.M.S.A.S	KR 20A 66 33 SUR	Fábricas de estructuras metálicas
N.N	KR 20A 66 39 SUR	Fabricación de calzado
FABRICA DE SALAS Y BASECAMAS J.J.V.	KR 20A 66 87 SUR	Fabricación de productos en madera para el hogar
N.N	KR 20B 61B 36 SUR	Fabricación de calzado
NEW GENERATION	KR 20B 61B 58 SUR	Fabricación de productos en madera para el hogar
FERRELOPEZ	KR 20B 62 81 SUR	Ferretería
N.N	KR 20B 63 38 SUR	Servicios de ornamentación

NOMBRE RAZON SOCIAL	DIRECCIÓN	ACTIVIDAD ECONOMICA
LAVASECO EL GRAN ESPECIAL	KR 20B 63 61 SUR	Lava seco
FERREIDEAS DEL SUR	KR 20B 63 96 SUR	Ferretería
BROTHER MOTORS	KR 20B 63 99 SUR	Reparación de vehículos automotores
N.N	KR 20B 65 64 SUR	Servicios de ornamentación
TALLER Y HERRERIA EL TIGRE	KR 20B 65 84 SUR	Fundición de metales
N.N	KR 20B 66 04 SUR	Fabricación de productos en madera para el hogar
FERRELECTRICOS ARNOLD	KR 20C 61B 04 SUR	Ferretería
METALICAS QUEVEDO	KR 20C 61B 04 SUR LC 2	Servicios de ornamentación
TALLER DE LATONERIA Y PINTURA DANIAUTOS	KR 20C 61B 31 SUR	Reparación de vehículos automotores
N.N	KR 20C 61B 67 SUR	Servicios de ornamentación
LAVACARS B Y M	KR 20C 62 25 SUR	Lavaderos de vehículos
TALLER JOSE RUEDA	KR 20C 62 40 SUR	Reparación de vehículos automotores
MOTOS JORDAN	KR 20C 64 34 SUR	Reparación de vehículos automotores
CENTRO DE LUBRICACION ITALDIESEL	KR 20C 64 39 SUR	Reparación de vehículos automotores
FERREOMEGA	KR 20C 64 67 SUR	Ferretería
N.N	KR 20C 65 31 SUR	Fabricación de calzado
SURTIRADIADORES	KR 20C 66 83 SUR	Reparación de vehículos automotores
LATONERIA Y PINTURA PROFESIONAL WILSON R	KR 20C 66 98 SUR	Reparación de vehículos automotores
CALZADO LA FERIA	KR 20C 67 91 SUR	Fabricación de calzado
CALZADO LA FIERA	KR 20C 67 91 SUR	Fabricación de calzado
ALDIAUTOS	KR 20D 61B 25 SUR	Reparación de vehículos automotores
ALDEAUTOS	KR 20D 61B 25 SUR	Reparación de vehículos automotores
N.N	KR 20D 61B 32 SUR	Tapicería
LATONERIA Y PINTURA A GUTIERREZ	KR 20D 61B 70 SUR	Reparación de vehículos automotores
PULIMOTOS WG	KR 20D 62 85 SUR	Lavaderos de vehículos
N.N	KR 20D 62 89 SUR	Servicios de ornamentación

NOMBRE RAZON SOCIAL	DIRECCIÓN	ACTIVIDAD ECONOMICA
N.N	KR 20D 62 99 SUR	Reparación de vehículos automotores
TALLER DE LATONERIA Y PINTURA STYLE MONKEY	KR 20D 63 60 SUR	Reparación de vehículos automotores
YESHUA ACCESORIOS	KR 20D 63 97 SUR LC 3	Reparación de vehículos automotores
ARTES Y DECORACIONES EL TREBOL	KR 20D 64 03 SUR LC 6	Ferretería
MUEBLES CORAZIN	KR 20D 64 39 SUR	Fabricación de productos en madera para el hogar
LAVASECO SAN VICENTE	KR 20D 67 56 SUR	Lava seco
FERRELECTRICOS L.M.	KR 20D 68 02 SUR	Ferretería
CHIQUMOTOS	KR 20D 68A 19 SUR	Reparación de vehículos automotores
METALICAS W.C.	KR 20F 62 55 SUR	Servicios de ornamentación
INDUSTRIAS METALICAS CALDERON	KR 20F 62 68 SUR	Servicios de ornamentación
LAVACARS VARELA	KR 20F 63 08 SUR	Lavaderos de vehículos
CALZADO DEPORTIVISIMO	KR 20F 63 38 SUR	Fabricación de calzado
N.N	KR 20F 63 80 SUR	Reparación de vehículos automotores
CALZADO ARSENAL WG	KR 20F 63 93 SUR	Fabricación de calzado
N.N	KR 20F 64 45 SUR	Reparación de vehículos automotores
LAVADO MOTOCARS PEKITAS	KR 20F 64 65 SUR	Lavaderos de vehículos
INVERSAM	KR 20F 65 25 SUR	Fábricas de estructuras metálicas
SERVICIO AUTOMOTRIZ J.R.	KR 20F 65 40 SUR	Reparación de vehículos automotores
FERREEXITO E Y S	KR 20F 67 65 SUR	Ferretería
N.N	KR 21 62 71 SUR	Servicios de ornamentación
INDUSTRIAS METALICAS ORTIZ	KR 21 63 03 SUR	Servicios de ornamentación
N.N	KR 21 64 60 SUR	Actividades de impresión y litografía
METALICAS ALVAREZ	KR 21 65 80 SUR	Servicios de ornamentación
LAVASECO KARVIMATIC	KR 21 66 04 SUR	Lava seco
DEPOSITO DE ANDAMIOS Y MADERAS CARTAGENA	KR 21 66 13 SUR	Fabricación de productos en madera para el hogar
ELECTRO CARS	KR 21A 61B 10 SUR	Reparación de vehículos automotores

NOMBRE RAZON SOCIAL	DIRECCIÓN	ACTIVIDAD ECONOMICA
FABRICA DE PINTURAS TECNITEX	KR 21A 61B 27 SUR	Comercializadoras y fábrica de pinturas
TALLERES MHILAR	KR 21A 61B 33 SUR	Reparación de vehículos automotores
FERRETERIA NUEVO TRIUNFO	KR 21A 62 98 SUR LC 1	Ferretería
CARROCERIAS RODRICAR	KR 21A 64 21 SUR	Servicios de ornamentación
TALLER MARTINEZ	KR 21A 65 09 SUR	Reparación de vehículos automotores
FERRELECTRICOS J.M.G.	KR 21A 66 09 SUR	Ferretería
EL ESQUINAZO DE LA 22	KR 22 62 02 SUR	Reparación de vehículos automotores
SERVIELECTRICO AUTOMOTRIZ JHON	KR 22 62 13 SUR	Reparación de vehículos automotores
TALLER INTER REPUESTOS	KR 22 62 19 SUR	Reparación de vehículos automotores
INTERAUTOS DEL SUR	KR 22 62 20 SUR	Reparación de vehículos automotores
INTERAUTOS DEL SUR	KR 22 62 24 SUR	Reparación de vehículos automotores
N.N	KR 22 62 48 SUR	Reparación de vehículos automotores
N.N	KR 22 62 79 SUR	Reparación de vehículos automotores
N.N	KR 22 63 25 SUR	Fabricación de productos en madera para el hogar
N.N	KR 22 63 42 SUR	Reparación de vehículos automotores
METALICAS ROJAS	KR 22 63 89 SUR	Fábricas de estructuras metálicas
N.N	KR 22 66 41 SUR	Almacenamiento de reciclaje
SPA CARS	KR 22A 62 39 SUR	Lavaderos de vehículos
MUEBLES EL PARAISO	KR 22A 62A 05 SUR	Fabricación de productos en madera para el hogar
INDUSTRIAS METALICAS GAMBOA	KR 22A 63 17 SUR	Fábricas de estructuras metálicas
N.N	KR 22A 63 23 SUR	Servicios de ornamentación
FERREMETALICAS SEGURA	KR 22B 62A 18 SUR	Fabricación de estructuras metálicas
TALLER DE MOTOS TRANK	KR 22B 63 06 SUR	Reparación de vehículos automotores
INDUMETALICAS EL CHALA	KR 22B 63 22 SUR	Servicios de ornamentación
N.N	KR 22B 65B 53 SUR	Servicios de ornamentación
FERRETERIA JJJJ Y M	KR 22B 67 15 SUR	Ferretería
REMONTADORA JACARD	KR 22I 62 02 SUR	Fabricación de calzado
SERVIAUTOS EMMANUEL	KR 23 65B 43 SUR	Reparación de vehículos automotores

NOMBRE RAZON SOCIAL	DIRECCIÓN	ACTIVIDAD ECONOMICA
AVISOS FERCHO	KR 23 65B 82 SUR	Actividades de impresión y litografía
J.F. DESING Y PERFORMANCE	KR 23 65B 88 SUR	Reparación de vehículos automotores
RELIEVES PAEZ	KR 23 66A 24 SUR	Fundición de metales
LINAMPLAST LTDA	KR 23 67 32 SUR	Fabricación de productos plásticos
HEFZI-BA	KR 23 68 24	Vidriería y ferretería
EXPRESION PUBLICIDAD	KR 23A 63A 40 SUR	Actividades de impresión y litografía
METALICAS CHICAGO	KR 26 63 22 SUR	Servicios de ornamentación
FERRELECTRICOS MUNDIAL	KR 29 64 28 SUR	Ferretería
FERRENUOVA	KR 31 64 15 SUR	Ferretería
EGP	KR 31 64C 10 SUR	Fábricas de estructuras metálicas
JAIPER LATONERIA Y PINTURA	KR 31 68D 96 SUR	Reparación de vehículos automotores
REMONTADORA DE CALZADO TITOS	KR 37 64 09 SUR	Fabricación de calzado
SERVICIO ELECTRICO AUTOMOTRIZ SANTANA	KR 37 64A 15 SUR	Reparación de vehículos automotores
CERRAJERIA Y FERRETERIA SERVICER R.V.	KR 38 62 20 SUR	Ferretería
89 ESTUDIO	KR 38 63 34 SUR	Actividades de impresión y litografía
CASA COUNTRY JONO	KR 38 63 34 SUR LC 02	Fabricación de productos en madera para el hogar
CONFECCIONES CHARLES	KR 41 63 03 SUR LC 2	Fábricas de prendas de vestir
SINCRONIZACION MIGUEL ARIAS	KR 41 63 33 SUR	Reparación de vehículos automotores
AUTO SERVICE SPORT W.M.	KR 41 63A 03 SUR LC 1	Reparación de vehículos automotores
SUPERMOTOS JAVA	KR 41A 62 03 SUR	Reparación de vehículos automotores
LAVASECO LA CANDELARIA	KR 42B 63 03 SUR	Lava seco
FERRETERIA C.D.	KR 44A 62 09 SUR	Fábricas de estructuras metálicas
FERRELECTRICOS 7777777	KR 45 62A 04 SUR	Ferretería
CANTERA LA QUEBRADA	TV 18D 69H 00 SUR	Extracción de materiales de construcción (canteras)

NOMBRE RAZON SOCIAL	DIRECCIÓN	ACTIVIDAD ECONOMICA
REMONTADORA	TV 19 61 22 SUR	Fabricación de calzado
FABRICA Y DISTRIBUIDORA DE MUEBLES DANI	TV 19 61A 05 SUR	Fabricación de productos en madera para el hogar
N.N	TV 19 61A 21 SUR	Fabricación de productos en madera para el hogar
N.N	TV 19 61A 33 SUR	Fabricación de calzado
N.N	TV 19 62 13 SUR	Servicios de ornamentación
A.R.C	TV 19A 61A 19 SUR	Servicios de ornamentación
N.N	TV 19A 61A 40 SUR	Fábricas de prendas de vestir
TALLER JORGE DUQUE	TV 19A 68C 10 SUR	Servicios de ornamentación
ARIJHOES	TV 20A 68A 09 SUR	Fábricas de prendas de vestir
MONKEY PUBLICIDAD	TV 20D 61 10 SUR LC 2	Actividades de impresión y litografía
AUTOLAVADO EL SHADDAI	TV 20D 61 46 SUR	Lavaderos de vehículos
P Y ELES MARQUETERIA	TV 20D 61 57 SUR	Vidriería y marquetería
HOUSE DESIGN	TV 20D 61 58 SUR	Fabricación de productos en madera para el hogar
J.M. SERVICIOS	TV 20D 61 60 SUR	Reparación de vehículos automotores
N.N	TV 20D 61 70 SUR	Reparación de vehículos automotores
METALICAS HACUR	TV 20D 61 74 SUR	Fábricas de estructuras metálicas
MUEBLES RAMIREZ	TV 20D 61 99 SUR	Fabricación de productos en madera para el hogar
FORROS NIZA	TV 20F 61 68 SUR	Reparación de vehículos automotores
FERRELECTRICOS AM	TV 22 69C 42 SUR	Ferretería

Fuente: Autores

En la tabla A-2 se muestran las industrias verificadas en campo de la UPZ La Sabana.

Tabla A-2. Inventario de fuentes fijas actualizado (Los Mártires)

NOMBRE RAZON SOCIAL	DIRECCION	ACTIVIDAD ECONOMICA
GUSTAVO CASTAÑEDA BELLO	KR 27 6-47	Fundición de metales
FUNDICIONES MORENO	CL 18A 16A - 04	Fundición de metales
FUNDICIONES ANSELMO	CL 12ABIS 28 - 54	Fundición de metales
JOSE FRANCISCO VARGAS	CL 22 21-08	Fundición de metales
GLORIA PATRICIA QUIÑONES	KR 19B 19-65 BG 4	Fundición de metales
TROQUELADOS Y ESTAMPADOS MAB	KR 25 24C - 11	Fundición de metales
RODRIGO CONTRERAS	CL 19 16A - 53	Fundición de metales
ACERIAS CENTRALES LIMITADA	KR 20A 16-51	Fundición de metales
AMERICANA DE BRONCES SAS	KR 19B 65-BG	Fundición de metales
FUNDICIONES MORENO	CL 18A 16A - 94	Fundición de metales
METAL COMER LTDA	CL 17A 16-23	Fundición de metales
SURTIACOPLES LTDA	KR 25 22A-64	Fundición de metales
ACERIAS TECNICAS CRUZ	DG 19A 19B-11	Fundición de metales
PARRA LOPEZ JOSE ORLANDO	AC 22 22-47 IN 2-2	Fundición de metales
ACOPLES LTDA.	CL 7 26-79	Fundición de metales
FUNDICIONES CALDERON LTDA	KR 25 22A-22	Fundición de metales
FUNDI BRONCES	KR 23 11-76	Fundición de metales
VERSAPLAST	KR 24 7-64	Fundición de metales
FERROSPINA LTDA	KR 25 12B-01	Fundición de metales
IMPORTADORA CHAMPION EU	CL 12 28 - 36	Fundición de metales
IMPORTADORA CHAMPION EU	CL 12 28 - 32	Fundición de metales
FUNDICIONES MORENO	CL 18A 16A - 04	Fundición de metales
EPIMENIO SEGURA PEREIRA	CL 7 23 - 16	Fundición de metales
SOMOS DIESEL Y GASOLINA LTDA	CL 8 14 - 38	Fundición de metales
METALICAS EL INCA	KR 22 11 - 39	Fundición de metales
FUNDICIONES ANSELMO	CL 12ABIS 28 - 54	Fundición de metales

NOMBRE RAZON SOCIAL	DIRECCION	ACTIVIDAD ECONOMICA
ESTRUCTEC L.M	KR 16 12-52	Fundición de metales
GLORIA PATRICIA QUIÑONES	KR 19B 19-65 BG 4	Fundición de metales
LUZ DEISSY GOMEZ RODRIGUEZ	CL 8 24-24	Fundición de metales
RODRIGO CONTRERAS	CL 19 16A - 53	Fundición de metales
ACERIAS CENTRALES LIMITADA	KR 20A 16-51	Fundición de metales
AMERICANA DE BRONCES SAS	KR 19B 65-BG	Fundición de metales
FUNDICIONES MORENO	CL 18A 16A - 94	Fundición de metales
METAL COMER LTDA	CL 17A 16-23	Fundición de metales
CANALES BAJANTES Y METALICAS CIA LTDA	KR 16 12-48	Fundición de metales
WILSON FREDY BAQUERO MARTINEZ	CL 17 15-50 LC 9	Fundición de metales
SURTIACOPLES LTDA	KR 25 22A-64	Fundición de metales
ACERIAS TECNICAS CRUZ	DG 19A 19B-11	Fundición de metales
PARRA LOPEZ JOSE ORLANDO	AC 22 22-47 IN 2-2	Fundición de metales
FUNDICIONES CALDERON LTDA	KR 25 22A-22	Fundición de metales
FUNDI BRONCES	KR 23 11-76	Fundición de metales
METÁLICAS EDILBERTO MORENO	CL 9 27-58	Fundición de metales
COMERCIALIZADORA DE METALES EMC	AC 6 22-08	Fundición de metales
FABRIMETALITADOS	KR 23 11-58	Fundición de metales
MONTERO BARAJAS LUIS	KR 7 27-13	Fundición de metales
GERARDO ALEJO	KR 26 6-27	Fundición de metales
BAUTISTA OYOLA GERMAN	KR 24 7-75	Fundición de metales
Jaime Garzón	KR 23 6 - 89	Fundición de metales
FABIAN CASTILLO	KR 25 8-22	Fundición de metales
GERMAN BOCACHICA MONCADA	CL 7A 16-30	Fundición de metales
MARIA LUCRECIA VARELA	AC 6 26-88	Fundición de metales
RECTIFICADORA SASTOQUE	CL 8 19A-67	Fundición de metales
SELLINCOL LTDA	CL 19 76-LC 115 117	Fundición de metales
FORMAS Y DESARROLLOS METALICOS SAS	KR 29 8-71	Fundición de metales
GARCIA DIAZ GERMAN EDUARDO	KR 19A 22-27	Fundición de metales

NOMBRE RAZON SOCIAL	DIRECCION	ACTIVIDAD ECONOMICA
TROKEL	KR 28 10 - 55 LC 309B	Fundición de metales
FERRETEC JR	KR 16 12-04	Fundición de metales
POLEAS JJ E.U	KR 25A 9-56	Fundición de metales
VENANCIO ROJAS MANRIQUE	KR 26 6-66	Fundición de metales
HEBILLAS Y HERRAJES MILITARES	CL 6A 26-06	Fundición de metales
INDUSTRIAS CDT LTDA	KR 29 6-13	Fundición de metales
ROTOFLEX LTDA	CL 24A 24-43	Fundición de metales
MEINGAB MECÁNICA INDUSTRIAL	KR 26 7 - 38	Fundición de metales
HERNANDEZ BURITICA ANCIZAR	KR 17 20-30	Fundición de metales
SOCIEDAD COMERCIAL CASENO	CL 24A 26-26	Fundición de metales
FREDDY GONZALEZ	KR 27 7-79	Fundición de metales
ERNESTO MARTINEZ MAHECHA	CL 25 25-43	Fundición de metales
RENE DE JESUS MORALES QUINTERO	KR 25A 7-85	Fundición de metales
JACINTO BUITRAGO GONZALES	KR 25A 8-25	Fundición de metales
FUNDICION_HI	KR24#8-43	Fundición de metales
FUNDICION_GALBER	CLL 12B #19B-33	FUNDICION DE METALES
FUNDICION_BURGOS_Y_ASOCIADOS	CL 8 28-92	FUNDICION DE METALES
JORGE_ALVAREZ	CL 8 28-76 INT 2	FUNDICION DE METALES
SENA_CENTRO_DE_GESTION_INDUSTRIAL	calle 15 #31-42	FUNDICION DE METALES

Fuente: Autores

B. Anexo: Clasificación CIU de las empresas

En la tabla B-1 se muestra la clasificación de las empresas a partir de su actividad económica de acuerdo al CIU.

Tabla B-1. Clasificación CIU

Código CIU	Actividad Económica	Sector
1811	Actividades de impresión	Litografía
2431	Fundición de hierro y acero	Metalurgia
2511	Fabricación de productos metálicos para uso estructural	Metalmecánica
2823	Fabricación de maquinaria para metalurgia	
2591	Forja, prensado, estampado y laminado de metal; metalúrgica	Oxicortes
4520	Mantenimiento y reparación de vehículos automotores (Talleres de mecánica, latonería y pintura)	Latonería y pintura
4542	Mantenimiento y reparación de motocicletas y sus partes y piezas	

Fuente: [86]

C. Anexo: Categorías de los vehículos

En la tabla C-1, se muestra la categoría de los vehículos que se estableció a partir de la clasificación del INVIAS.

Tabla C-1. Descripción y categorización de las categorías de los vehículos

Categoría	Clasificación INVIAS	Descripción
Automóviles	Tipo A	Automóviles de cualquier tamaño, camionetas con y sin platón, furgonetas y minivan
Transporte público	Tipo B	Micro bus, buseta, autobús y articulados.
Carga pesada	Tipo C2, C3, C4, >C5	Furgones, camiones de dos, tres cuatro y más de cinco ejes, grúas y tractocamiones.
Motocicletas	-	Motocicletas de cualquier modelo, cilindraje y tiempos

Fuente: Autores

D. Anexo: Aforo vehicular

En la tabla D-1, se muestran los datos obtenidos del aforo vehicular en la UPZ San Francisco.

Tabla D-1. Aforo vehicular (Ciudad Bolívar)

<i>Boyaca -Lunes- Acceso Sur norte</i>				<i>Boyaca -Lunes- Acceso Norte-Sur</i>			<i>total</i>	Composicion
Tipo de vehiculo	J1	J2	J3	J1	J2	J3		
Particulares	2000	2901	1318	1718	2490	1524	11951	44%
Motos	1005	1481	994	938	1529	2470	8417	31%
Carga pesada	705	1064	340	627	1021	356	4113	15%
Servicio publico	386	551	308	467	711	356	2779	10%
TOTAL							27260	100%
<i>Boyaca -Miercoles- Acceso Sur norte</i>				<i>Boyaca -Miercoles- Acceso Norte-Sur</i>			<i>total</i>	Composicion
Tipo de vehiculo	J1	J2	J3	J1	J2	J3		
Particulares	2230	3114	2170	1845	2748	1925	14032	45%
Motos	1120	1510	1068	896	1693	3120	9407	30%
Carga pesada	815	1095	612	465	1114	450	4551	15%
Servicio publico	415	610	389	435	785	502	3136	10%
Total							31126	100%
<i>Boyaca -Sabado- Acceso Sur norte</i>				<i>Boyaca -Sabado- Acceso Norte-Sur</i>			<i>total</i>	Composicion
Tipo de vehiculo	J1	J2	J3	J1	J2	J3		
Particulares	3012	2841	2345	2348	2089	2745	15380	38%
Motos	1714	2741	1682	1614	2896	2158	12805	32%
Carga pesada	1345	1996	1512	1478	947	1079	8357	21%
Servicio publico	576	785	609	485	741	527	3723	9%
Total							40265	100%

Fuente: Autores

En la tabla D-2, se muestran los datos obtenidos del aforo vehicular en la UPZ La Sabana.

Tabla D-2. Aforo vehicular (Los Mártires)

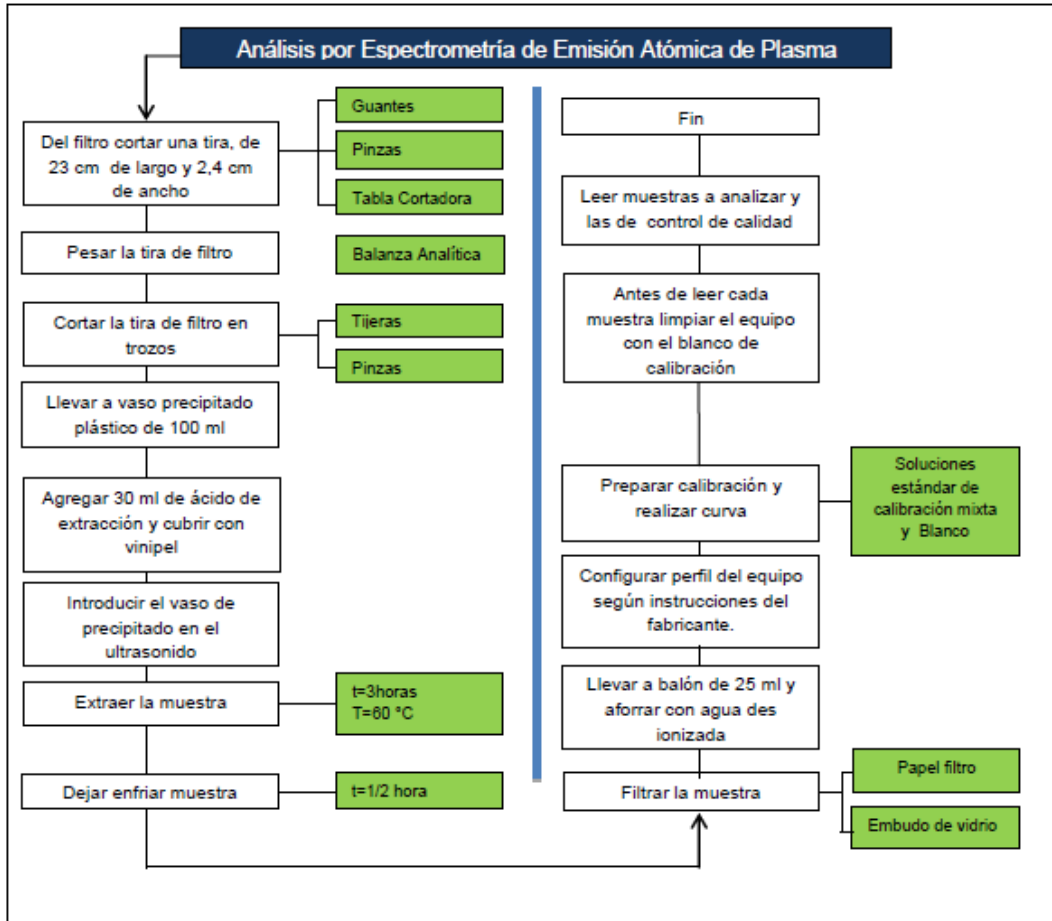
<i>Cra 30. Lunes. Sur-norte</i>			<i>Cra 30. Lunes. Norte-sur</i>			Total	Composicion
Tipo de vehiculo	J1	J2	J3	J1	J2		
Particulares	6221	6984	5646	6910	6900	7020	57%
Motos	5772	2978	2998	2531	2324	6954	34%
Carga pesada	560	496	217	390	780	374	4%
Servicio publico	624	437	672	715	361	660	5%
TOTAL							
						69524	100%
<i>Carrera 30 -Miercoles- Acceso Sur norte</i>			<i>Carrera 30 -Miercoles - Acceso Norte-Sur</i>			Total	Composicion
Tipo de vehiculo	J1	J2	J3	J1	J2		
Particulares	6305	6560	5300	6320	7340	7373	55%
Motos	6182	2730	3284	2160	3095	7250	35%
Carga pesada	583	709	286	497	957	489	5%
Servicio publico	723	591	647	710	480	782	6%
TOTAL							
						71353	100%
<i>Carrera 30 -Sabado- Acceso Sur norte</i>			<i>Carrera 30 -Sabado - Acceso Norte-Sur</i>			Total	Composicion
Tipo de vehiculo	J1	J2	J3	J1	J2		
Particulares	7166	4521	6787	6814	6552	7201	61%
Motos	6486	2407	3532	1867	3466	2074	31%
Carga pesada	497	237	335	574	455	422	4%
Servicio publico	612	280	464	498	500	464	4%
TOTAL							
						64211	100%
Pico y placa ambiental							
<i>Carrera 30 -Lunes- Acceso Sur norte</i>			<i>Carrera 30 -Lunes- Acceso Norte-Sur</i>			Total	Composicion
Tipo de vehiculo	J1	J2	J3	J1	J2		
Particulares	5221	3984	3646	3910	2900	4020	66%
Motos	2210	1010	1320	1170	900	1260	22%
Carga pesada	424	237	372	515	261	336	6%
Servicio publico	260	496	217	290	580	241	6%
TOTAL							
						35780	100%

Fuente: Autores

E. Anexo: Procedimiento para análisis por espectrometría de emisión atómica de plasma

En la figura E-1, se muestra el procedimiento que se realiza para analizar los filtros por medio de la espectrometría de emisión atómica de plasma.

Figura E-1. Diagrama de procedimiento de espectrometría de emisión atómica de plasma



Fuente: [87]

F. Anexo: Cálculo del error relativo

En la tabla F-1, se encuentran los registros del filtro cada día con sus observaciones correspondientes, para realizar el cálculo del error relativo.

Tabla F-1. Cálculo del error relativo

Día	P. M	Filtro	Inicial		%e relativo	Peso inicial (g)	Impactado		%e relativo	Peso final (g)	Diferencia (g)	Q de muestreo (m3/min)	t de muestreo (h)	Vol. muestreado (m3)	Concentración (µg/m3)	Condiciones meteorológicas por jornada						Observaciones
																°T J1	°T J2	V(m/s)	Hr %J 1	Hr %J 2	V(m/s)	
24/11/2018	C.B	1	4,2 368	4,2 364	0,09 4	4,2 364	4,3 264	4,3 262	0,04 6	4,3 262	0,0898	1,13	23,74	1609,5 72	55,79	15	19 ,1	0,3	54	60	0,7	-
	M	2	4,2 346	4,2 344	0,04 7	4,2 344	4,2 95	4,2 95	0	4,2 95	0,0606	1,13	24,16	1638,0 48	37		11					
25/11/2018	C.B	3	4,2 461	4,2 459	0,04 7	4,2 459	4,2 962	4,2 961	0,02 3	4,2 961	0,0502	1,13	24,05	1630,5 9	30,79	18 ,8	17 ,8	0,6	52	41	0,2	Lloviznas durante todo el día
	M	4	4,2 473	4,2 47	0,07 1	4,2 47	4,2 873	4,2 873	0	4,2 873	0,0403	1,13	24	1627,2	24,77							Hi Vol se encontró apagado, día soleado
26/11/2018	C.B	5	4,2 425	4,2 421	0,09 4	4,2 421	4,3 026	4,3 025	0,02 3	4,3 025	0,0604	1,13	18	1220,4	49,49	17 ,2	17	0,2	54	48	0,3	Posible actividad en curtiembres, olores ofensivos
	M	6	4,2 137	4,2 132	0,11 9	4,2 132	4,3 028	4,3 027	0,02 3	4,3 027	0,0895	1,13	24	1627,2	55	11	14		58	79		Mayormente nublado, incendio cerca de Jumbo de la 30

Día	P. M	Filtro	Inicial		%e relativo	Peso inicial (g)	Impactado		%e relativo	Peso final (g)	Diferencia (g)	Q de muestreo (m3/min)	t de muestreo (h)	Vol. muestreado (m3)	Concentración (µg/m3)	Condiciones meteorológicas por jornada						Observaciones
																°T J1	°T J2	V(m/s)	Hr %J1	Hr %J2	V(m/s)	
27/11/2018	C.B	7	4,2384	4,2382	0,047	4,2382	4,3332	4,3331	0,023	4,3331	0,0949	1,13	23,5	1593,3	59,56	18,5	17	0,2	61	51	0,2	
	M	8	4,2448	4,2443	0,118	4,2443	4,3128	4,3127	0,023	4,3127	0,0684	1,13	24,25	1644,15	41,6	11	12,9		55	-		Precipitación en la tarde
28/11/2018	C.B	9	4,2309	4,2308	0,024	4,2308	4,3542	4,354	0,046	4,354	0,1232	1,13	23,5	1593,3	77,32	17,8	17,8	0,7	49	50	0,3	
	M	10	4,2436	4,2434	0,047	4,2434	4,2964	4,2963	0,023	4,2963	0,0529	1,13	24	1627,2	32,51	12	18,4		71	60		Precipitación una hora en la tarde
29/11/2018	C.B	11	4,2236	4,2235	0,024	4,2235	4,3142	4,314	0,046	4,314	0,0905	1,13	23,5	1593,3	56,8	17,6	17,2	0,4	41	52	0,4	
	M	12	4,2239	4,2235	0,095	4,2235	4,2874	4,2871	0,07	4,2871	0,0636	1,13	23,5	1593,3	39,92	9,6	13,6		71	65		
30/11/2018	C.B	13	4,2296	4,2296	0	4,2296	4,3176	4,3174	0,046	4,3174	0,0878	1,13	23,5	1593,3	55,11	17,9	15,4	0,2	73	64	0,5	
	M	14	4,2064	4,2062	0,048	4,2062	4,2712	4,2711	0,023	4,2711	0,0649	1,13	23,5	1593,3	40,73	10,7	13		70	66		Precipitación a lo largo del día y la noche anterior
1/12/2018	C.B	15	4,2214	4,2209	0,118	4,2209	4,2984	4,2983	0,023	4,2983	0,0774	1,13	23,5	1593,3	48,58	21,2	16,6	0,3	50	60	0,3	
	M	16	4,2243	4,2242	0,024	4,2242	4,264	4,264	0	4,264	0,0398	1,13	18,75	1271,25	31,31	11	12		-	67		Precipitación en la tarde
2/12/2018	C.B	17	4,2246	4,2245	0,024	4,2245	4,3187	4,3184	0,069	4,3184	0,0939	1,2	23,25	1674	56,09	18,6	18,4	0,1	57	57	0,2	

Día	P. M	Filtro	Inicial		%e relativo	Peso inicial (g)	Impactado		%e relativo	Peso final (g)	Diferencia (g)	Q de muestreo (m3/min)	t de muestreo (h)	Vol. muestreado (m3)	Concentración (µg/m3)	Condiciones meteorológicas por jornada						Observaciones
																°T J1	°T J2	V(m/s)	Hr %J1	Hr %J2	V(m/s)	
2/12/2018	M	18	4,22 16	4,22 16	0	4,22 16	4,27 27	4,27 24	0,07	4,27 24	0,0508	1,13	23,5	1593,3	31,88	14,6	21,1		-	-		La dirección predominante del viento en esta estación es de 75 °N en J1 y 78 °N en J2
3/12/2018	C.B	19	4,18 6	4,18 59	0,02 4	4,18 59	4,31 18	4,31 15	0,07	4,31 15	0,1256	1,13	23,5	1593,3	78,83	20,2	19,3	0,2	50	56	0,2	
	M	20	4,20 34	4,20 33	0,02 4	4,20 33	4,29 05	4,29 03	0,04 7	4,29 03	0,087	1,13	23,5	1593,3	54,6	11	14		44	45		Día soleado, dirección del viento 18°N J1, 38° NE J2
4/12/2018	C.B	21	4,21 6	4,21 56	0,09 5	4,21 56	4,30 77	4,30 74	0,07	4,30 74	0,0918	1,2	23,75	1710	53,68	18,3	17,7	0,2	36	38	0,3	
	M	22	4,20 89	4,20 89	0	4,20 89	4,27 61	4,27 59	0,04 7	4,27 59	0,067	1,13	20,5	1389,9	48,2	9	15		50	40		Día soleado
5/12/2018	C.B	23	4,22 13	4,22 12	0,02 4	4,22 12	4,29 39	4,29 37	0,04 7	4,29 37	0,0725	1,13	23,5	1593,3	45,5	16	16,6	0,3	58	50	0,1	
	M	24	4,22 07	4,22 07	0	4,22 07	4,27 97	4,27 95	0,04 7	4,27 95	0,0588	1,2	21	1512	38,89	8	12		56	-		Día soleado
6/12/2018	C.B	25	4,34 72	4,34 71	0,02 3	4,34 71	4,41 34	4,41 33	0,02 3	4,41 33	0,0662	1,2	23,75	1710	38,71	15,7	15,2	0,3	53	56	0,5	
	M	26	4,34 46	4,34 44	0,04 6	4,34 44	4,41 02	4,41 02	0	4,41 02	0,0658	1,13	23,75	1610,25	40,86	10	13		53	48		Fuertes vientos en sentido Norte
7/12/2018	C.B	27	4,30 73	4,30 7	0,07	4,30 7	4,36 14	4,36 14	0	4,36 14	0,0544	1,13	23,5	1593,3	34,14	13,5	16,2	0,2	51	51	0,2	

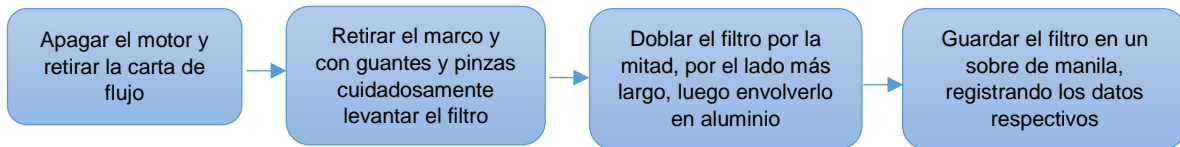
Día	P. M	Filtro	Inicial		%e relativo	Peso inicial (g)	Impactado		%e relativo	Peso final (g)	Diferencia (g)	Q de muestreo (m3/min)	t de muestreo (h)	Vol. muestreado (m3)	Concentración (µg/m3)	Condiciones meteorológicas por jornada						Observaciones
																°T J1	°T J2	V(m/s)	Hr %J 1	Hr %J 2	V(m/s)	
7/12/2018	M	28	4,3385	4,3385	0	4,3385	4,4069	4,4068	0,023	4,4068	0,0683	1,13	23,75	1610,25	42,42	16,1	10		52	44		Día de velitas
8/12/2018	C.B	29	4,3169	4,3169	0	4,3169	4,3854	4,3851	0,068	4,3851	0,0682	1,2	23,75	1710	39,88	17,5	15,2	0,6	49	44	0,2	
	M	30	4,3377	4,3374	0,069	4,3374	4,3748	4,3745	0,069	4,3745	0,0371	1,13	23,1	1566,18	23,69	15	19		-	43		Se presentan fuertes vientos en el punto
9/12/2018	C.B	31	4,3318	4,3317	0,023	4,3317	4,4081	4,408	0,023	4,408	0,0763	1,13	23,5	1593,3	47,89	14,3	16,2	0,1	44	48	0,9	
	M	32	4,3351	4,3349	0,046	4,3349	4,3787	4,3786	0,023	4,3786	0,0437	1,13	23,5	1593,3	27,43	14,5	17		61	48		-
10/12/2018	C.B	33	4,3225	4,3224	0,023	4,3224	4,3858	4,385	0,182	4,385	0,0626	1,13	24,1	1633,98	38,31	17,7	18,1	0,7	48	56	0,3	
	M	34	4,3277	4,3276	0,023	4,3276	4,3682	4,3681	0,023	4,3681	0,0405	1,13	24,1	1633,98	24,79	12	19		49	41		Día despejado
11/12/2018	C.B	35	4,3456	4,3454	0,046	4,3454	4,4114	4,4113	0,023	4,4113	0,0659	1,13	22,25	1508,55	43,68	18,1	17,7	1,2	55	48	0,3	
	M	36	4,3255	4,3254	0,023	4,3254	4,368	4,3678	0,046	4,3678	0,0424	1,13	23,5	1593,3	26,61	9	11		57	46		Día despejado

Fuente: Autores

G. Anexo: Recolección del filtro

En la figura G-1, se muestra el proceso que se siguió cada día para la recolección del filtro.

Figura G-1. Procedimiento de recogida del filtro



Fuente: Autores

H. Anexo: Rotulado

En la figura H-1, se muestra el rotulo que se utilizó para identificar los medios de cultivo utilizados.

Figura H-1. Rotulo de medios de cultivo

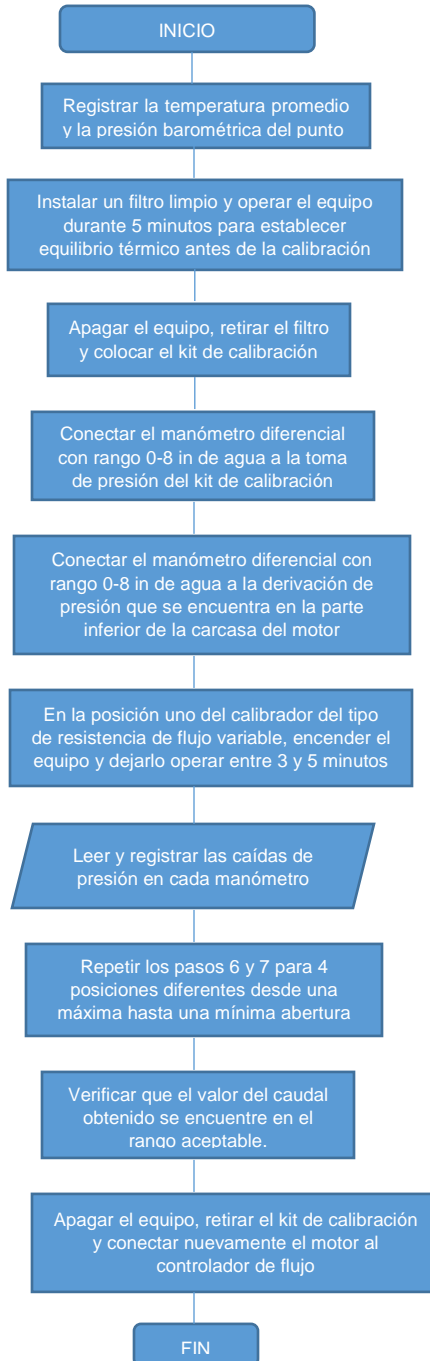
Codigo	S-1-J1-M									
Convenciones	S	SANGRE	DIA	1 A 18	JORNADA	J1	MAÑANA	PUNTO	CB	CIUDAD BOLIVAR
	E	EMB				J2	TARDE		M	MARTIRES
	SB	SABOUREAUD								
Punto de muestreo										
Jornada										
Fecha y hora		Inicio				Temperatura				
		Fin				Vel. Del viento				
					Humedad relativa					
Medio	Codigo				Caudal de muestreo					
A. Mc.Conkey										
A. Sangre										
A. Saboraud										
OBSERVACIONES										

Fuente: Autores

I. Anexo: Calibración de Hi-Vol

En la figura I-1, se muestra el procedimiento que se utilizó para calibrar el Hi-Vol.

Figura I-1. Procedimiento de calibración del Hi-Vol



Fuente: Autores

J. Anexo: Curvas de calibración

En la tabla J-1, se registran los datos necesarios para la elaboración de la curva de calibración de la UPZ La Sabana.

Tabla J-1. Datos de la curva de calibración (Los Mártires)

Los Mártires										
Qent										%e
Punto	Delta de presión		t ambiente		Presión	Intercepto equipo	pendiente equipo	Qo (m3/min)	Qext (m3/min)	
	P equipo In.H2O	P estancamiento In. H2O	°C	k	mmHg	b	m			
1	2,8	2,2	14	287,15	560	0,0453955	0,99811708	1,155	1,116	3,358
2	2,8	2,2	14	287,15	560	0,0453955	0,99811708	1,157	1,124	2,878
3	2,8	2,3	14	287,15	560	0,0453955	0,99811708	1,159	1,131	2,418
4	2,8	2,3	14	287,15	560	0,0453955	0,99811708	1,160	1,137	2,049
5	2,8	2,3	14	287,15	560	0,0453955	0,99811708	1,161	1,139	1,886
PROMEDIO										2,676

Fuente: Autores

En la tabla J-2, se registran los datos necesarios para la elaboración de la curva de calibración de la UPZ San Francisco.

Tabla J-2. Datos de la curva de calibración (Ciudad Bolívar)

CIUDAD BOLIVAR										
Qent										%e
Punto	Delta de presión		t ambiente		Presión	Intercepto equipo	pendiente equipo	Qo (m3/min)	Qext (m3/min)	
	P equipo In.H2O	P estancamiento In. H2O	°C	k	mmHg	b	m			
1	2,8	2,2	14	287,15	560	0,0453955	0,99811708	1,155	1,116	3,358
2	2,8	2,2	14	287,15	560	0,0453955	0,99811708	1,157	1,124	2,882
3	2,8	2,3	14	287,15	560	0,0453955	0,99811708	1,159	1,131	2,420

CIUDAD BOLIVAR										
Qent										%e
Punto	Delta de presión		t ambiente		Presión	Intercepto equipo	pendiente equipo	Qo (m3/min)	Qext (m3/min)	
	P equipo In.H2O	P estancamiento In. H2O	°c	k	mmHg	b	m			
4	2,8	2,3	14	287,15	560	0,0453955	0,99811708	1,160	1,136	2,070
5	2,8	2,3	14	287,15	560	0,0453955	0,99811708	1,161	1,139	1,886
PROMEDIO										2,682

Fuente: Autores

La tabla J-3, muestra los valores con los que se corrigió la curva en la UPZ La Sabana.

Tabla J-3. Datos para corregir la curva de calibración (Los Mártires)

Día	N° de filtro	P inicial (g)	P final (g)	Diferencia (g)	I media (m3/min)	t de muestreo		I corregida (m3/min)	Qa	Qcorr egido	Q STD	t de muestr eo (h)	Vol muestrea do (m3)	Concentraci ón (µg/m3)
						°c	K							
24/11/18	2	4,2344	4,2950	0,0606	1,13	15	288,15	0,801	1,074	1,045	0,796	24,16	1154,13	52,51
25/11/18	4	4,247	4,2873	0,0403	1,13	15,5	288,65	0,802	1,074	1,045	0,795	24	1144,67	35,21
26/11/18	6	4,2132	4,3027	0,0895	1,13	14,5	287,65	0,801	1,073	1,045	0,797	24	1148,30	77,94
27/11/18	8	4,2443	4,3127	0,0684	1,13	13,7	286,85	0,800	1,073	1,044	0,799	24,25	1163,22	58,80
28/11/18	10	4,2434	4,2963	0,0529	1,13	13,8	286,95	0,800	1,073	1,044	0,799	24	1150,86	45,97
29/11/18	12	4,2235	4,2871	0,0636	1,13	15	288,15	0,801	1,074	1,045	0,796	23,5	1122,60	56,65
30/11/18	14	4,2062	4,2711	0,0649	1,13	13,8	286,95	0,800	1,073	1,044	0,799	23,5	1126,88	57,59
1/12/18	16	4,2242	4,264	0,0398	1,13	13,6	286,75	0,799	1,073	1,044	0,800	18,75	899,68	44,24
2/12/18	18	4,2216	4,2724	0,0508	1,13	13,6	286,75	0,799	1,073	1,044	0,800	23,5	1127,60	45,05
3/12/18	20	4,2033	4,2903	0,0870	1,13	13,6	286,75	0,799	1,073	1,044	0,800	23,5	1127,60	77,15
4/12/18	22	4,2089	4,2759	0,0670	1,13	13,6	286,75	0,799	1,073	1,044	0,800	20,5	983,65	68,11
5/12/18	24	4,2207	4,2795	0,0588	1,13	13,5	286,65	0,799	1,073	1,044	0,800	21	1007,96	58,34
6/12/18	26	4,3444	4,4102	0,0658	1,13	13,1	286,25	0,799	1,073	1,044	0,801	23,75	1141,41	57,65
7/12/18	28	4,3385	4,4068	0,0683	1,13	14	287,15	0,800	1,073	1,044	0,799	23,75	1138,15	60,01

Día	N° de filtro	P inicial (g)	P final (g)	Diferencia (g)	I media (m3/min)	t de muestreo		I corregida (m3/min)	Qa	Qcorr egido	Q STD	t de muestr eo (h)	Vol muestr eado (m3)	Concentraci ón (µg/m3)
						°c	K							
8/12/18	30	4,3374	4,3745	0,0371	1,13	14	287,15	0,800	1,073	1,044	0,799	23,1	1107,00	33,51
9/12/18	32	4,3349	4,3786	0,0437	1,13	14	287,15	0,800	1,073	1,044	0,799	23,5	1126,17	38,80
10/12/18	34	4,3276	4,3681	0,0405	1,13	14	287,15	0,800	1,073	1,044	0,799	24,1	1154,92	35,07
11/12/18	36	4,3254	4,3678	0,0424	1,13	13,6	286,75	0,799	1,073	1,044	0,800	23,5	1127,60	37,60
													PROMEDI O	52,23

Fuente: Autores

La tabla J-4, muestra los valores con los que se corrigió la curva en la UPZ San Francisco.

Tabla J-4. Datos para corregir la curva de calibración (Ciudad Bolívar)

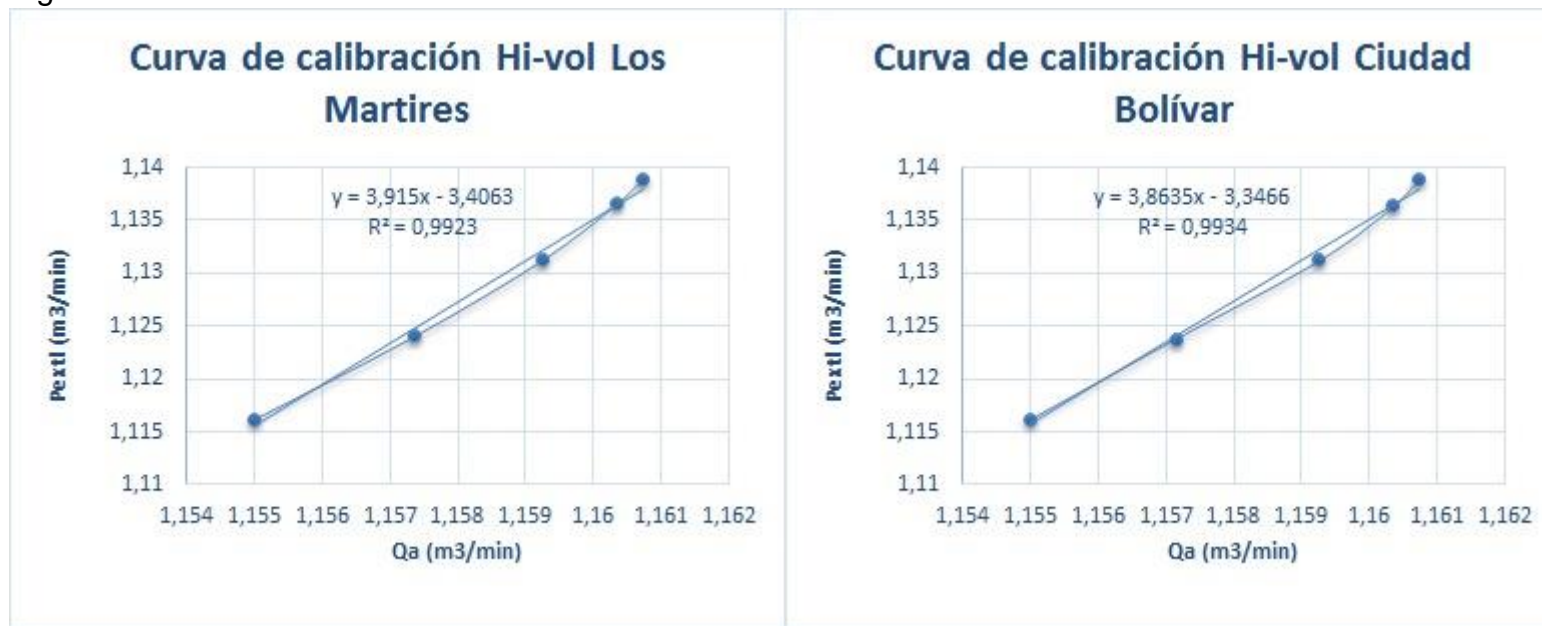
Día	N° de filtro	P final (g)	Diferencia (g)	I media (m3/min)	t de muestreo		I corregida (m3/min)	Qa	Qcorr egido	Q STD	t de muestr eo (h)	Vol muestr eado (m3)	Concentraci ón (µg/m3)
					°c	K							
24/11/18	1	4,3262	0,0898	1,13	12,7	285,85	0,798	1,073	1,044	0,802	23,74	1142,39	78,61
25/11/18	3	4,2961	0,0502	1,13	12,6	285,75	0,798	1,073	1,044	0,802	24,05	1157,68	43,36
26/11/18	5	4,3025	0,0604	1,13	13	286,15	0,799	1,073	1,044	0,801	18	865,35	69,80
27/11/18	7	4,3331	0,0949	1,13	12,6	285,75	0,798	1,073	1,044	0,802	23,5	1131,20	83,89
28/11/18	9	4,354	0,1232	1,13	11,5	284,65	0,797	1,072	1,044	0,805	23,5	1135,19	108,53
29/11/18	11	4,314	0,0905	1,13	12,6	285,75	0,798	1,073	1,044	0,802	23,5	1131,20	80,00
30/11/18	13	4,3174	0,0878	1,13	11,83	284,98	0,797	1,073	1,044	0,804	23,5	1133,99	77,43
1/12/18	15	4,2983	0,0774	1,13	11,33	284,48	0,797	1,072	1,044	0,806	23,5	1135,81	68,15
2/12/18	17	4,3184	0,0939	1,2	12	285,15	0,822	1,079	1,050	0,809	23,25	1127,90	83,25
3/12/18	19	4,3115	0,1256	1,13	12	285,15	0,797	1,073	1,044	0,804	23,5	1133,38	110,82
4/12/18	21	4,3074	0,0918	1,2	11,6	284,75	0,821	1,079	1,050	0,810	23,75	1153,63	79,57
5/12/18	23	4,2937	0,0725	1,13	11	284,15	0,796	1,072	1,044	0,806	23,5	1137,02	63,76
6/12/18	25	4,4133	0,0662	1,2	10,3	283,45	0,820	1,078	1,049	0,813	23,75	1158,45	57,15
7/12/18	27	4,3614	0,0544	1,13	10,6	283,75	0,796	1,072	1,043	0,807	23,5	1138,48	47,78
8/12/18	29	4,3851	0,0682	1,2	7,6	280,75	0,816	1,077	1,049	0,820	23,75	1168,60	58,36

Día	N° de filtro	P final (g)	Diferencia (g)	I media (m3/min)	t de muestreo		I corregida (m3/min)	Qa	Qcorregido	Q STD	t de muestreo (h)	Vol muestreado (m3)	Concentración (µg/m3)
					°c	K							
9/12/18	31	4,408	0,0763	1,13	11,6	284,75	0,797	1,072	1,044	0,805	23,5	1134,83	67,23
10/12/18	33	4,385	0,0626	1,13	11,6	284,75	0,797	1,072	1,044	0,805	24,1	1163,80	53,79
11/12/18	35	4,4113	0,0659	1,13	11	284,15	0,796	1,072	1,044	0,806	22,25	1076,54	61,21
PROMEDIO												71,82	

Fuente: Autores

En la figura J-1, se muestran las curvas de calibración para cada punto de muestreo.

Figura J-1. Curvas de calibración



K. Anexo: Ecuaciones para el caudal

Ecuaciones para verificar el caudal [88]:

- Cálculo del caudal real a través del calibrador

$$Q_a = H \left(\frac{T_a}{P_a} \right) - (b)(m)$$

Donde:

Q_a : Caudal real a través del calibrador (m³/min) -(debe estar entre 1.02 a 1.24 m³/min)

H : Caída de presión a través del calibrador (in de agua)

T_a : Temperatura ambiente (K)

P_a : Presión barométrica (mm Hg)

b : Intercepto de la relación de calibración del orificio

m : Pendiente de la relación de calibración del orificio

Nota. Los valores de m y b fueron dados por el CTAS de acuerdo a la verificación realizada con un equipo verificador ($m = 0.9981708$, $b = 0.0453955$)

- Cálculo lectura de presión transformada del manómetro del muestreador

$$P_{ext} = P_{ex}(T_a + 30)P_a$$

Donde:

P_{ext} : lectura de presión transformada del manómetro del muestreador (m3/min)

P_{ex} : lectura de presión en el manómetro del muestreador (in de agua)

Luego de realizar el cálculo de estas dos variables se procedió a construir la curva de calibración del equipo graficando el caudal a condiciones reales (Q_a) en el eje X versus la lectura de presión transformada del manómetro del muestreador (P_{ext}) en el eje Y.

Para obtener la lectura media del caudal en cada uno de los días del muestreo se utilizaron las siguientes ecuaciones:

- Cálculo de la lectura transformada de la carta record

$$l \text{ corregida} = lT_a + 30P_a$$

Donde:

$l \text{ corregida}$: lectura transformada de la carta record (m³/min)

l : lectura de la carta record (m³/min)

- Cálculo del caudal medio

$$Q_m = l \text{ corregida} - (b)(m)$$

Donde:

Q_m : Tasa de flujo operativa real promedio del muestreador (m³/min)

L. Anexo: Ecuaciones para hallar la concentración del material particulado

- Cálculo para hallar el caudal corregido

$$Q_{\text{corregido}} = Q * m * 100 - \%promedio \text{ obtenido de la calibración} * 100$$

Donde:

%promedio obtenido de la calibración: Corresponde al promedio del porcentaje de error calculado entre P_{ext} y Q_a para cada una de las posiciones del sistema de resistencia de flujo variable

- Cálculo para hallar el caudal estándar

$$Q_{std} = Q_{\text{corregido}} * T_{std} * T_a * P_{std} * P_a$$

Donde:

Q_{std} : Caudal estándar (m³/min)

T_{std} : temperatura estándar (definida como 298k)

P_{std} : presión estándar (definida como 760 mm Hg)

T_a : promedio de temperatura ambiente registrada en el día de muestreo

- Cálculo para hallar el volumen estándar

$$V_{std} = Q_{std} * t * 60$$

Donde:

V_{std} : Volumen estándar de muestreo (m³)

t : tiempo de muestreo, este valor se obtuvo de la diferencia entre las lecturas del horometro (h)

- Cálculo para hallar la concentración de material particulado

$$C_{pm} = W_f - W_i * V_{std} * 1000000$$

Donde:

C_{pm} : Concentración de material particulado (µg/m³)

W_f : peso final del filtro (g)

W_i : peso inicial del filtro (g)

M. Anexo: ICA

En la tabla M-1, se muestran los efectos correspondientes a cada rango del ICA.

Tabla M-1. Efectos según el ICA

RANGO	COLOR	ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE	EFFECTOS
0-50	Verde	Buena	La contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud
51-100	Amarillo	Aceptable	Posibles síntomas respiratorios en grupos de poblaciones sensibles
101-150	Naranja	Dañina a la salud de grupos sensibles	Los grupos sensibles pueden presentar efectos sobre la salud. En el caso del material particulado, las personas con enfermedad cardiaca pulmonar, los adultos mayores y los niños se consideran sensibles y por lo tanto en mayor riesgo
151-200	Rojo	Dañina para la salud	Todos los individuos pueden comenzar a experimentar efectos sobre la salud. Los grupos sensibles pueden experimentar efectos más graves para la salud
201-300	Púrpura	Muy dañina para la salud	Estado de alerta que significa que todos pueden experimentar efectos más graves para la salud
301-500	Marrón	Peligroso	Advertencia sanitaria. Toda la población puede presentar efectos adversos graves en la salud humana y están propensos a verse afectados por graves efectos sobre la salud

Fuente: [59]

N. Anexo: Ficha de protocolo para la preparación de medios de cultivo

La tabla N-1, es la ficha de protocolo de preparación de los medios de cultivo que se utilizaron.

Tabla N-1. Ficha de protocolo para medios de cultivo

FICHA DE PROTOCOLO PREPARACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO	
Sangre	1. Suspender 28 g de agar base (agar nutritivo) en 950 ml de agua destilada
	2. Agitar hasta su completa disolución y hervir durante un minuto
	3. Esterilizar en autoclave a 121°C durante 80 minutos a una presión de 15 psi
	4. Enfriar a una temperatura entre 40-50 °C y añadir 50 ml de sangre ovina defibrinada estéril, homogeneizar y servir en placas Petri.
	De acuerdo al número de cajas Petri a usar por medio, determinar el volumen de agar base a utilizar según especificaciones del fabricante, así como el volumen de sangre a incorporar el cual debe encontrarse entre el 5-8% respecto al volumen del medio. Teniendo en cuenta que se sirven 20 ml de agar en cada caja Petri, se utilizaron las siguientes fórmulas: $150 \text{ cajas} * \left(\frac{20 \text{ ml}}{1 \text{ caja}}\right) = 3000 \text{ ml}$ $3000 \text{ ml} * 0,05 = 150 \text{ ml sangre}$
EMB	1. Suspender 36 gramos de medio en un litro de agua destilada
	2. Mezclar bien y disolver por calentamiento con agitación frecuente
	3. Hervir durante un minuto hasta su completa disolución, luego esterilizar en autoclave a 121°C durante 15 minutos.
	4. Enfriar a 45-50°C, mezclando bien, evitando la formación de burbujas
	5. Dispersar con cuidado en las cajas de Petri
El medio preparado se almacenó a 8-15 ° C. El color fue azul tornasol. La esterilización reduce el azul de metileno, dejando el color naranja medio. El púrpura normal se puede restaurar mezclando suavemente. Finalmente, agitar el medio reducido para oxidar el azul de metileno; de lo contrario, aparecería gradualmente una zona oscura desde la parte superior que se extiende hacia abajo. $150 \text{ cajas} * \left(\frac{20 \text{ ml}}{1 \text{ caja}}\right) = 3000 \text{ ml}$ $3000 \text{ ml} * 0,05 = 150 \text{ ml sangre}$	
Sabouraud	1. Suspender 65 gramos de medio en un litro de agua destilada

	2. Agitar la solución para garantizar la homogeneidad, distribuir el volumen total en recipientes Erlenmeyer
--	--



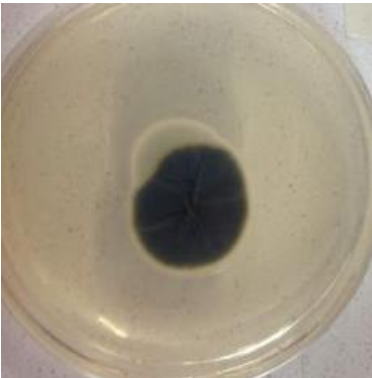
FICHA DE PROTOCOLO PREPARACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO	
Sabouraud	3. Colocar cada recipiente en planchas de calentamiento a una temperatura entre 200°C y 250°C buscando así una mayor homogeneidad en la solución para luego ser llevados al autoclave en un ciclo que dura quince minutos a 121°C con quince libras de presión
	4. Al finalizar el ciclo en el autoclave, servir cada medio de cultivo en las cajas de Petri
	5. Dejar enfriar a temperatura ambiente

Fuente: Autores

O. Anexo: Criterio de selección de microorganismos aislados

En la tabla O-1, se muestra el criterio de selección con su respectiva foto.

Tabla O-1. Criterio de selección

Agar	Criterio de selección	Imagen
Sangre	La actividad hemolítica se determinó por la presencia de una zona clara alrededor de la colonia (halos de hemólisis).	
Emb	La textura de la colonia (seca a viscosa), con superficie lisa o granular, así como la pigmentación de la colonia sirvió de ayuda en el proceso de identificación.	
Sabouraud	La morfología de las colonias fue fundamental para la diferenciación de los microorganismos. Las características de tamaño, forma, consistencia, y color.	

Fuente: Autores

P. Anexo: Clasificación de industrias UPZ La Sabana y San Francisco

La tabla P-1, muestra la cantidad de industrias de interés por sector que se encuentran en la zona de estudio en la localidad de Ciudad Bolívar.

Tabla P-1. Total de industrias (Ciudad Bolívar)

FUENTE	TIPO DE ACTIVIDAD INDUSTRIAL	SECTOR	TOTAL DE INDUSTRIAS
Fija	Fabricación de productos en madera para el hogar	Madera	43
Fija	Actividades de impresión y litografía	Litográfica	15
Fija	Fábricas y comercializadoras de pinturas	Pinturas	10
Fija	Reparación de vehículos automotores (reparación, latonería y pintura)	Latonería y pintura	105
Fija	Fabricación de estructuras metálicas	Metalmecánica	17
Fija	Servicios de ornamentación		36
Fija	Fundición de metales	Metalúrgico	4
Fija	Fabricación de productos plásticos	Plástico	6
Fija	Lavado de textiles	Textiles	12
Fija	Fabricación de productos en cuero		3
Fija	Tapicería		3
Fija	Fabricación de colchones		4
Fija	Fabricación de prendas de vestir		7
Fija	Lavado de vehículos (motos y automóviles)	Automotriz	16
Fija	Fabricación de calzado	Calzado	28
Fija	Estaciones de servicio	-	3
Fija	Extracción de materiales de construcción (canteras)	Minero	2
Fija	Forjado, prensado, estampado y laminado de metal	Oxicorte	1
		Total	315

Fuente: Autores

La tabla P-2, muestra la cantidad de industrias de interés por sector que se encuentran en la zona de estudio en la localidad de Los Mártires.

Tabla P-2. Total de industrias (Los Mártires)

FUENTE	TIPO DE ACTIVIDAD INDUSTRIAL	SECTOR	TOTAL DE INDUSTRIAS
Fija	Actividades de impresión	Litográfica	197
Fija	Fabricación de otros productos elaborados de metal	Metalmecánica	462
Fija	Fundición de metales		74
Fija	Mantenimiento y reparación de vehículos automotores	Latonería y pintura	121
Fija	Elaboración de productos de molinera	Alimentos	2
Fija	Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal		1
Fija	Fabricación de productos en madera para el hogar	Maderero	1
Fija	Fabricación de materiales de arcilla de construcción	-	2
Fija	Fabricación de productos plásticos	Plástico	12
Fija	Fabricación de papel y cartón	Papelero	1
Fija	Lavado de textiles	Textil	2
Fija	Fabricación de productos químicos	Productos químicos	1
		Total	876

Fuente: Autores

Q. Anexo: Cálculo de emisiones

En la tabla Q-1, se registra el promedio diario de vehículos, la velocidad promedio con la que transitan y el factor de emisión por cada tipo de vehículo, en una jornada normal, en los puntos de aforo de Los Mártires.

Tabla Q-1. Emisiones de vehículos (Los Mártires)

JORNADA NORMAL				
Tipo de vehículo	Promedio diario de número de vehículos	Velocidad promedio	Factor de emisión	Emisión (Kg/d)
Particulares	117920	25	0,01	707,5
Motos	68090	27	0,22	9706,9
Carga pesada	8858	16,55	1,02	3588,8
Servicio publico	10220	21	0,48	2472,4
TOTAL				16476

Fuente: Autores

En la tabla Q-2, se registra el promedio diario de vehículos, la velocidad promedio con la que transitan y el factor de emisión por cada tipo de vehículo, en una jornada con pico y placa ambiental, en los puntos de aforo de Los Mártires.

Tabla Q-2. Emisiones de vehículos en jornadas con pico y placa ambiental

JORNADA CON PICO Y PLACA AMBIENTAL				
Tipo de vehículo	Promedio diario de vehículos	Velocidad promedio	Factor de emisión	Emisión (Kg/d)
Particulares	35521,5	25	0,01	213,129
Motos	11805	27	0,22	1682,9208
Carga pesada	3217,5	16,55	1,02	1303,55082
Servicio publico	3126	21	0,48	756,24192
TOTAL				3955,8

Fuente: Autores

En la tabla Q-3, se registra el promedio diario de vehículos, la velocidad promedio con la que transitan y el factor de emisión por cada tipo de vehículo, en una jornada normal, en los puntos de aforo de Ciudad Bolívar.

Tabla Q-3. Emisiones de vehículos (Ciudad Bolívar)

Tipo de vehículo	Promedio diario de vehículos	Velocidad promedio	Factor de emisión	Emisión (Kg/d)
Particulares	35956	25	0,01	215,7
Motos	33060	27	0,22	4713,1
Carga pesada	28494	16,55	1,02	11544,2
Servicio publico	24059	21	0,48	5820,4
TOTAL				22293,4

Fuente: Autores

R. Anexo: Concentración de PM₁₀

En la tabla R-1, se muestran las concentraciones obtenidas de material particulado en los días de muestreo, en cada punto de muestreo.

Tabla R-1. Concentraciones obtenidas de PM₁₀

Día	CB	M
	Concentración (µg/m ³)	Concentración (µg/m ³)
24/11/2018	78,60710358	52,50714383
25/11/2018	43,36267784	35,2065567
26/11/2018	69,79855724	77,94104102
27/11/2018	83,89301598	58,80237903
28/11/2018	108,5278224	45,9656206
29/11/2018	80,00335033	56,65417951
30/11/2018	77,42555163	57,59244713
1/12/2018	68,14507262	44,23786191
2/12/2018	83,25197773	45,0513883
3/12/2018	110,8194222	77,15493665
4/12/2018	79,5748273	68,1135115
5/12/2018	63,76336823	58,33538923
6/12/2018	57,14532219	57,64780876
7/12/2018	47,78301073	60,00976908
8/12/2018	58,36053733	33,51404092
9/12/2018	67,23481178	38,80417376
10/12/2018	53,78916572	35,06734181
11/12/2018	61,21480989	37,60194614
Promedio	71,81668915	52,23375199

Fuente: Autores

S. Anexo: Atributos IBOCA

La figura S-1, muestra los rangos y estados de la calidad del aire y de actuación y respuesta del IBOCA.

Figura S-1. IBOCA

Atributos del IBOCA				Rangos de concentración y tiempo de exposición para cada contaminante ¹					
Rangos numéricos	Color	Estado de calidad del aire	Estado de actuación y respuesta ²	PM10, 24h (µg/m³)	PM2.5, 24h (µg/m³)	O ₃ , 8h (µg/m³) [ppb]	CO, 8h (µg/m³) [ppm]	SO ₂ , 1h (µg/m³) [ppb]	NO ₂ , 1h (µg/m³) [ppb]
0 - 10	Azul claro	Favorable	Prevención	(0-54)	(0-12)	(0-116) [0-59]	(0-5038) [0.0-4.4]	(0-93) [0-35]	(0-100)
10,1 - 20	Verde	Moderada	Prevención	(55-154)	(12.1-35.4)	(117-148) [60-75]	(5039-10762) [4.5-9.4]	(94-198) [36-75]	(101-188)
20,1 - 30	Amarillo	Regular	Alerta Amarilla	(155-254)	(35.5-55.4)	(149-187) [76-95]	(10763-14197) [9.5-12.4]	(199-486) [76-185]	(189-677) [101-360]
30,1 - 40	Naranja	Mala	Alerta Naranja	(255-354)	(55.5-150.4)	(188-226) [96-115]	(14198-17631) [12.5-15.4]	(487-797) [186-304]	(678-1221) [361-649]
40,1 - 60	Rojo ³	Muy Mala	Alerta Roja ³	(355-424)	(150.5-250.4)	(227-734) [116-374]	(17632-34805) [15.5-30.4]	(798-1583) [305-604]	(1221-2349) [650-1249]
60,1 - 100 ⁴	Morado	Peligrosa	Emergencia	(425-604)	(250.5-500.4)	(734-938) [374-938]	(34806-57703) [30.5-50.4]	(1584-2630) [605-1004]	(2350-3853) [1250-2049]

Fuente: [89]

T. Anexo: Concentración de plomo

En la tabla T-1, se registran las concentraciones de plomo obtenidas en los filtros seleccionados para análisis.

Tabla T-1. Concentraciones de plomo

Filtro	Día	Punto de muestreo	Wf filtro (gr)	Concentración (µg/m ³)	Pb	
					µgPb/Kg filtro	(µg/m ³)
30	8/12/18	M	4,3745	33,51404092	1,22	0,00482104
3	25/11/18	CB	4,2961	43,36267784	0,69	0,00256057
24	5/12/18	M	4,2795	58,33538923	2,93	0,01243986
5	26/11/18	CB	4,3025	69,79855724	2,95	0,01466738
6	26/11/18	M	4,3027	77,94104102	5	0,01873502
19	3/12/18	CB	4,3115	110,8194222	3,76	0,01430351

Fuente: Autores

U. Anexo: Microorganismos encontrados

La tabla U-1, muestra los microorganismos que fueron encontrados en laboratorio y su descripción.

Tabla U-1. Microorganismos encontrados y su descripción

Microorganismos encontrados en laboratorio	Breve descripción
<i>Salmonella enteritidis</i>	Pertenece a la familia <i>Enterobacteriaceae</i> y está constituido por bacterias gramnegativas, se transmite por la ruta fecal-oral, ya sea directamente, o bien indirectamente, a través de los alimentos [90].
<i>Aspergillus</i>	Es un hongo filamentoso hialino, saprófito, perteneciente al filo Ascomycota [60]. La vía primaria de infección es la inhalación de conidios transportados por el aire (2,5 a 3 μm) que se asientan en los pulmones, la nasofaringe o los senos [70].
<i>Bacillus spp</i>	Pertenece a la familia Bacillaceae, está formado por microorganismos bacilares grampositivos. Las células bacterianas de este género tienen un amplio tamaño que varía 0,5 a 2,5 μm x 1,2-10 μm . Se encuentra comúnmente en suelos y plantas donde tienen un papel importante en ciclo del carbono y el nitrógeno [91]
<i>Acinetobacter baumannii complex</i>	El género Acinetobacter comprende un grupo de coccobacilos gram negativos, son microorganismos que se encuentran en el ambiente (agua, plantas, vegetales, suelo) e incluso en la microbiota normal de la piel humana [92]
<i>Pseudomonas luteola</i>	Es una bacteria aerobia, no formadora de esporas, gram Negativa, con forma de bastón (0,8-2,5 μm) de pigmento amarillento, y ha encontrado en muchas fuentes en la naturaleza (agua, suelo y ambientes húmedos). Es un patógeno oportunista poco común, implicado en infecciones raras pero graves en humanos [93].
<i>Staphylococcus epidermis</i>	Es una bacteria gram-positiva, que normalmente se encuentra en la piel humana. Las colonias son redondas, elevadas, brillantes, grises y tienen bordes completos. El diámetro es de aproximadamente 2,5 mm y por lo general no producen una zona hemolítica [74].

Microorganismos encontrados en laboratorio	Breve descripción
<i>Staphylococcus aureus</i>	Pertenece al género <i>Staphylococcus</i> de la familia <i>Micrococcaceae</i> . Las especies del género <i>Staphylococcus</i> son cocos gram positivos de 0,5 a 1,5 μm de diámetro, que se agrupan de forma irregular. Es la especie más patógena y virulenta para el hombre, pero también puede encontrarse colonizando la piel y las mucosas [94].
<i>Levaduras</i>	Son hongos que forman sobre los medios de cultivo colonias pastosas, constituidas en su mayor parte por células aisladas que suelen ser esféricas, ovoideas, elipsoideas o alargadas. Las dimensiones pueden oscilar de 1 a 9 μm de ancho y 2 a más de 20 μm de longitud según la especie. en su mayoría saprófitos, hallándose libres en la naturaleza, especialmente en la materia orgánica en descomposición. Algunas especies son parásitas, formando parte de la flora normal del hombre [95].
<i>Ewingella americana</i>	Es un bacilo gramnegativo de la familia <i>Enterobacteriaceae</i> , y la única especie en el género <i>Ewingella</i> [93]. Es un patógeno oportunista, principalmente asociado con infecciones nosocomiales. Su potencial patógeno es bastante bajo, pero su capacidad para sobrevivir, facilita la persistencia del organismo en diferentes entornos [96].
<i>Penicillium spp.</i>	Es un hongo filamentoso hialino, saprófito perteneciente al filo <i>Ascomycota</i> . Macroscópicamente las colonias son normalmente de crecimiento rápido; al principio de color blanco y con el tiempo adquieren color azul [97].
<i>Microsporium</i>	Es un hongo filamentoso perteneciente al filo <i>Ascomycota</i> , pertenece a un grupo de hongos denominados dermatofitos, normalmente asociados a las zonas del cuerpo con queratina. La transmisión se produce por el contacto directo o indirecto , así mismo las corrientes de aire facilitan la dispersión de las esporas o formas infectantes [98].
<i>Trichophyton</i>	Hongo filamentoso perteneciente al filo <i>Ascomycota</i> . La transmisión se produce principalmente por el contacto directo o indirecto y también se pueden dar casos de sensibilización o alergia por inhalación de las esporas del hongo [99].
<i>Hifas esteriles</i>	Microorganismo no identificado

Microorganismos encontrados en laboratorio	Breve descripción
<i>Paecilomyces</i>	Es un hongo filamentoso que se puede encontrar naturalmente en el suelo, es altamente adaptable por lo que puede llegar a ser entomopatógeno, micoparásito, saprófito o nematófago [100].
<i>Bacillus cereus</i>	Es una bacteria Gram positiva, es frecuentemente encontrada como saprofita en el suelo, agua, vegetación y aire, desde los cuales se transfiere muy fácilmente a los alimentos [101].
<i>Bacillus Subtilis</i>	Es una bacteria Gram positiva, productora de endosporas las cuales son termorresistentes, crecen en un amplio rango de temperaturas, tienen la capacidad de moverse, y muestran velocidades de crecimiento altas [102].

V. Anexo: Agar y variables meteorológicas

La tabla V-1, registra los datos meteorológicos obtenidos en la jornada 1 en el punto de muestreo ubicado en la localidad de Ciudad Bolívar.

Tabla V-1. Variables meteorológicas (Jornada 1, Ciudad Bolívar)

DIA	SANGRE	EMB	SABOURAUD	TEMP °C	HR (%)	Vel Viento (m/s)
1	1555	405	740	14,7	68,33	0,97
2	1780	180	745	15,8	67	0,97
3	1615	220	540	15,4	69,33	1,03
4	1445	335	475	15	71	0,97
5	1325	855	2250	14,9	73,67	0,85
6	1540	420	455	15,53	70	1,07
7	1710	325	520	15,6	80,67	0,8
8	1060	310	305	16,17	73,33	0,53
9	810	450	655	15	72,7	1,03
10	1215	60	355	15,63	66,33	0,9
11	700	20	440	15,47	63	0,79
12	835	280	505	14,13	69,67	0,63
13	2180	310	470	14,06	65,6	1
14	1805	250	660	13,23	64,6	2
15	765	810	625	14,43	68,6	1
16	2100	295	1095	13,13	67,6	2
17	965	290	480	13,9	69,6	1,06
18	715	170	280	14,9	66,3	1,43

Fuente: Autores

La tabla V-2, registra los datos meteorológicos obtenidos en la jornada 2 en el punto de muestreo ubicado en la localidad de Ciudad Bolívar.

Tabla V-2. Variables meteorológicas (Jornada 2, Ciudad Bolívar)

DIA	SANGRE	EMB	SABOURAUD	TEMP °C	HR (%)	Vel Viento (m/s)
1	320	165	890	16,6	67,33	1,5
2	960	305	655	16,73	54,67	1,2
3	2075	350	1580	16,03	62,33	1,8
4	1705	450	370	15,33	71	1,2
5	1425	655	1540	15,63	71,67	1,35
6	2125	520	1325	16,1	76	1,5
7	1695	430	660	14,23	77	0,83
8	1280	855	1810	16,2	70,67	1,6
9	525	60	225	16,35	72,7	1,83
10	1315	105	1520	15,9	66,33	1,7

DIA	SANGRE	EMB	SABOURAUD	TEMP °C	HR (%)	Vel Viento (m/s)
11	925	345	395	17,03	57,67	1,87
12	415	220	665	17,3	63	1,7
13	1680	620	910	14,45	64,6	1,96
14	990	365	310	15,83	56,3	1,9
15	1585	260	745	15,4	58,3	1,9
16	1665	210	715	15,6	60,6	1,7
17	1580	210	525	16,6	57	1,86
18	1090	260	190	15,93	59,6	1,6

Fuente: Autores

La tabla V-3, registra los datos meteorológicos obtenidos en la jornada 1 en el punto de muestreo ubicado en la localidad de Los Mártires.

Tabla V-3. Variables meteorológicas (Jornada 1, Los Mártires)

DIA	SANGRE	EMB	SABOURAUD	TEMP °C	HR (%)	Vel Viento (m/s)
1	1230	265	425	14,65	90	1,45
2	620	175	345	13,1	82,5	1,15
3	1310	235	455	12,8	69	0,8
4	785	305	540	11,5	70,5	1,05
5	925	520	760	12,7	80	0,33
6	1160	190	570	12,1	79	1,1
7	685	345	690	12,55	79,5	1,15
8	1515	465	435	12,3	90,5	1,1
9	380	375	470	13,95	89,5	1,2
10	715	125	295	12,3	62,5	1,3
11	1465	55	1185	11,4	70,5	1,45
12	1025	275	345	10,45	69	1,15
13	515	205	205	11,5	70,5	1,05
14	250	65	165	14,45	64,5	2,1
15	755	80	305	15	84,5	1,75
16	305	5	300	13,6	72,5	2,1
17	155	20	315	12	66,5	1,15
18	640	230	200	11	69,5	1

Fuente: Autores

La tabla V-4, registra los datos meteorológicos obtenidos en la jornada 2 en el punto de muestreo ubicado en la localidad de Los Mártires.

Tabla V-4. Variables meteorológicas (Jornada 2, Los Mártires)

DIA	SANGRE	EMB	SABOURAUD	TEMP °C	HR (%)	Vel Viento (m/s)
1	1090	315	510	12,95	77	1,35
2	590	225	650	15,3	83	1,95
3	1140	505	365	14,55	82,5	2,15
4	800	460	445	13,7	88,5	1,6
5	1040	325	415	16,65	75	1,37
6	670	455	490	14,25	76,5	2,05
7	870	310	350	13,35	77	1,25
8	620	445	345	13,9	79	2,05
9	625	355	365	14,6	83	2,85
10	795	115	205	14,7	66	3,4
11	790	300	340	15,35	63	3
12	715	375	405	13,45	80	2,25
13	320	160	170	13	56	2,35
14	410	190	255	12,5	61,5	3
15	270	30	105	14,55	59,5	3
16	475	15	225	17	61	2,05
17	865	415	300	14,85	53,5	2,35
18	370	175	385	11	53,5	1,8

Fuente: Autores