

CONCENTRACIONES DE PM_{2.5} PRESENTES EN EL AIRE DE LAS PLAZAS
URBANAS Y BOSQUE DE CIUDAD VICTORIA, MEXICO

PRESENTADO POR EL ESTDIANTE

LUIS FELIPE MOLINA TRUJILLO

TRABAJO DE OPCION DE GRADO, MODALIDAD PASANTIA

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

SECCIONAL GIRARDOT

2019

CONCENTRACIONES DE PM2.5 PRESENTES EN EL AIRE DE LAS PLAZAS
URBANAS Y BOSQUE DE CIUDAD VICTORIA, MEXICO

PRESENTADO POR EL ESTDIANTE

LUIS FELIPE MOLINA TRUJILLO

TUTOR EXTERNO

BÁRBARA AZUCENA MACÍAS HERNÁNDEZ

ING. CIENCIAS AMBIENTALES

MAESTRA EN CIENCIAS DE LA SALUD PÚBLICA CON MENSION EN SEGURIDAD E
HIGIENE INDUSTRIAL

DOCTORADO EN FILOSOFIA, MENSION EN SALUD AMBIENTAL Y MANEJO DEL
RIESGO

TUTOR INTERNO

HECTOR FABIO CRUZ CUELLAR

MCS EN GEOMATICA

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

TRABAJO DE OPCION DE GRADO, MODALIDAD PASANTIA

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

SECCIONAL GIRARDOT

2019

FORMATO DEL PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO – OPCIÓN PASANTÍA

RESPONSABLES

Nombre estudiante:

Firma:

LUIS FELIPE MOLINA TRUJILLO

Nombre del tutor:

V.B°.

HECTOR CRUZ-CUELLAR

Fecha de Radicación ante el Comité de grado:

29 de marzo de 2019

Fecha de trámite por el Comité de Trabajo de

Grado: 01 de abril de 2019

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
3. JUSTIFICACIÓN	11
4. OBJETIVOS.....	12
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	12
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
5. MARCO NORMATIVO	13
6. DISEÑO METODOLÓGICO.....	15
7. RESULTADOS Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS	21
8. CRONOGRAMA	29
9. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN	29
10. CONCLUSIONES.....	30
11. RECOMENDACIONES.....	31
12. BIBLIOGRAFÍA.....	32
ANEXOS.....	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Promedios de PM _{2.5} por plaza ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24
Tabla 2. Análisis descriptivo a diferente hora por plaza $\mu\text{g}/\text{m}^3$	25
Tabla 5. Correlación de Pearson	27
Tabla 6. Índice Metropolitano de la calidad del aire (IMECA) para PM _{2.5} por plaza	28
Tabla 7. Cronograma de Actividades.....	29
Tabla 8. Presupuesto	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Ubicación Ciudad Victoria	16
Figura 2. . Sensor By Plantower PM 2.5	17
Figura 3. Datos para determinar el IMECA.....	20
Figura 4. Relación entre humedad relativa y temperatura en las áreas de estudio	21
Figura 5. Media de la concentración de PM _{2.5} por Plazas	23
Figura 6. Correlación entre las variables humedad relativa (%) y PM _{2.5} (µg/m ³).....	¡Error!

Marcador no definido.

Figura 7. Correlación entre las variables Temperatura (°C) y PM _{2.5} (µg/m ³)...	¡Error! Marcador no definido.
--	--------------------------------------

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 METODOLOGIA	36
Anexo 2 FORMATO PARA LA RECOLECCION DE LOS DATOS	37
Anexo 3 EVIDENCIA DE TOMA DE LAS MUESTRAS	38

CONCENTRACIONES DE PM2.5 PRESENTES EN EL AIRE DE LAS PLAZAS
URBANAS Y BOSQUE DE CIUDAD VICTORIA, MEXICO

1. INTRODUCCIÓN

El estado de Tamaulipas tiene la sexta extensión territorial más grande del país, ya que cuenta con 80 mil 175 km², lo cual representa el 4.09% del total nacional. Tamaulipas está integrado por 43 municipios, entre los que sobresalen por su importancia económica y en número de habitantes Altamira, Ciudad Madero, Ciudad Victoria (capital), Matamoros, Nuevo Laredo, Reynosa y Tampico. (Tamaulipas, 2018-2027).

En este trabajo de pasantía se tratará el tema de contaminación del aire en Ciudad Victoria del estado de Tamaulipas México. Donde la contaminación del aire, se define como la presencia de sustancias en el aire, en cantidades que pueden ser perjudiciales para la vida, afectar estructuras, materiales y ocasionar cambios en las condiciones meteorológicas o climáticas. (Vallejo, Jauregui, Hermosillo, Marquez, & Cardenas, 2002).

En los últimos años, los problemas de contaminación del aire han adquirido tal magnitud y diversidad que la sociedad ha ido tomando cada vez mayor conciencia de los riesgos actuales, y más aún, de los potenciales como enfermedades cardíacas, episodios cardíacos y las condiciones preexistentes del corazón (EPA, 2018). Entre las principales fuentes de contaminación en México se encuentran las industrias y el transporte vehicular, y los contaminantes presentes en el

aire son el material particulado, dióxido de azufre, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno.

(Jimenez Cisneros, 2005)

En esta pasantía se realizó una investigación sobre calidad del aire con el propósito de aportar al mejoramiento de las técnicas ambientales del sector, donde se diagnosticaron las concentraciones de PM 2.5, la cual son las partículas más finas que emiten principalmente las fuentes móviles.

Por ser tan finas son más fáciles de inhalar y afectan gravemente la salud humana, estas partículas se alojan en los pulmones causando enfermedades respiratorias y algunas veces pueden llegar hasta el sistema cardiovascular y causar daños severos a la salud de las personas.

Este análisis de la presencia de PM 2.5 se realizó en diferentes plazas y un bosque de Ciudad Victoria, (buscando apoyo en la literatura para identificar los antecedentes de dicha ciudad), con ayuda de un sensor de PM 2.5; con un muestreo de lunes a viernes, durante 4 semanas seguidas colocando el sensor en el centro de cada zona de estudio, (), lo que ayudó determinar las diferentes concentraciones y así poder compararlas realizando un análisis estadístico y al final determinar el índice de calidad del aire en Ciudad Victoria respecto al material particulado de 2.5 según la normatividad vigente.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La contaminación atmosférica es una problemática que adquiere cada vez mayor importancia a nivel mundial, debido a que afecta la calidad del aire y ocasiona daños a la salud de la población. (A.L. Urbizu-González, 2014). México se encuentra en el 13 lugar respecto a los países que más emiten gases Invernadero. En 1990, México contribuyó con cerca del 2% de las emisiones totales. De estas, en términos de emisiones de bióxido de carbono per cápita (3.89 ton/hab), se colocó por encima de China. (Gutierrez Barba & Herrera Colmenero, 2006)

El PM 2.5 están constituidas por aquellas partículas de diámetro aerodinámico inferior o igual a 2.5 micras, es decir, son 100 veces más delgadas que un cabello humano. Su origen es principalmente de carácter antropogénico como las emisiones de vehículos diésel. En el caso de las PM_{2,5}, sus partículas son altamente dañinas para la salud debido a que su tamaño hace que sean 100% respirables ya que viajan profundamente en los pulmones, penetrando en el aparato respiratorio y depositándose en los alvéolos pulmonares, incluso pueden llegar al torrente sanguíneo. Además, estas partículas de menor tamaño están compuestas por elementos que son más tóxicos (como metales pesados y compuestos orgánicos) que los que componen, en general, las partículas más grandes. (Linares & Diaz, 2008).

Por lo anterior, en este trabajo de pasantía se propone realizar un monitoreo de la contaminación del aire en Ciudad Victoria en diferentes plazas de la ciudad y un bosque, para analizar en qué porcentaje se encuentran las partículas de 2,5 micras de diámetro en el aire. Debido a que, el Municipio de Ciudad Victoria se destaca la industria textil y la industria de alimentos y bebidas por generación de SO₂; también sobresalen los vehículos automotores por la

emisión de CO, NO_x y COV. De las fuentes de área, el uso doméstico de solventes es la principal fuente emisora de COV. (Tamaulipas, 2018-2027).

Y así con todos los datos recolectados poder diagnosticar la contaminación del aire por PM_{2.5} en Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

3. JUSTIFICACIÓN

Tamaulipas México es uno de los estados que tiene gran contaminación del aire debido a que la mayoría de sus ciudades son pioneras en grades industrias, en el caso de Ciudad Victoria que es la zona de estudio, se destaca por tener grandes industrias textiles, de alimentos y bebidas las cuales generan SO₂, además de esto también sobresalen los automóviles que emiten CO, NO_x y COV. (Tamaulipas, 2018-2027).

Por lo tanto, la universidad Autónoma de Tamaulipas requiere realizar un estudio sobre las partículas suspendidas en el aire de 2.5 micras, las cuales son extremadamente perjudiciales para la salud humana y la de los ecosistemas debido a que son partículas finas que son fácilmente inhalables y muy perjudiciales, por esto, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) da a conocer los efectos que la contaminación del aire trae hacia la salud humana, unas de ellas son: infecciones respiratorias, tos, respiración débil y dolorosa, reducción de la función pulmonar, bronquitis crónica, asma, variabilidad cardiaca entre otras. (Ambiental C. G., 2017). Y los daños que causan a los ecosistemas son: las fuentes hídricas tienden a ser más ácidas y con menos nutrientes, los suelos se vuelven más ácidos y contribuye a la lluvia acida. (EPA, 2018)

Además de esto una vez liberadas al ambiente, las PM_{2.5} pueden ser transportadas desde cientos a miles de kilómetros de la fuente de emisión y permanecer en la atmósfera durante días a semanas. (Ambiental C. G., 2015).

Por lo tanto, con este trabajo de pasantía se quiere evidenciar cuales son las concentraciones de material particulado de 2.5 micras que se está generando en las zonas de estudio de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL.

Diagnosticar las concentraciones de PM_{2.5} en las áreas verdes urbanas, en comparación con un remanente de vegetación nativa de la ciudad.

4.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Medir las concentraciones de PM_{2.5} en las diferentes plazas urbanas de Ciudad victoria.
2. Comparar los niveles de concentración de PM_{2.5} tomados en las plazas urbanas con un bosque urbano nativo.
3. Ejecutar un análisis estadístico de los datos obtenido por el equipo de medición de PM_{2.5}.
4. Determinar el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire para PM_{2.5}, según la normatividad vigente mexicana.

5. MARCO NORMATIVO

Tabla 1. Normatividad

<p>Constitución Política de los Estados Mexicanos</p>	<p>Publicada por el Diario Oficial de la Federación (DOF) en febrero 5 de 1997</p>	<p>Artículo 4^a que hace referencia a “tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley”.</p>
<p>Ley</p>	<p>General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente publicada el 28 de febrero de 1988</p>	<p>Artículo 1. propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar; la preservación y protección de la biodiversidad, así como el establecimiento y</p>

		administración de las áreas naturales protegidas; la prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo.
Ley	General de Desarrollo Forestal Sustentable publicada el 5 de junio de 2018	Artículo 2 ^a : promover la prevención y el manejo integral de los agentes disruptivos que afecten a los ecosistemas forestales, mitigar sus efectos y restaurar los daños causados por estos.
Ley	Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado de Tamaulipas	Artículo 2 ^o establece como uno de sus objetivos el contribuir al desarrollo social, económico y ambiental del Estado, mediante el manejo integral sustentable de los recursos forestales. Código para el Desarrollo Sustentable del Estado de Tamaulipas.

		Artículo 3° como uno de sus objetivos el “coordinar las acciones en materia de protección, conservación y restauración de los recursos naturales, relativos al agua, suelo y aire, considerándose la atinente a áreas naturales protegidas y zonas de amortiguamiento.
Norma	Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014	Establece los valores límite permisible para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y criterios para su evaluación.

6. DISEÑO METODOLÓGICO

La universidad Autónoma de Tamaulipas se encuentra ubicada en el municipio de Victoria, México como se evidencia en la Figura 1. Se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas: 27° 40’ a 22° 12’ latitud norte y entre los meridianos que van de 97° 08’ a 100 08’ longitud

oeste, respecto al meridiano de Greenwich. Es una universidad de tipo pública y fue fundada en el año de 1950.



Figura 1. Mapa de Ubicación Ciudad Victoria

Fuente: Google Maps

Ciudad Victoria es la Capital del Estado Mexicano Tamaulipas, se localiza al noroeste de México. El municipio colinda al Norte con el municipio de Guemez, al sur con Llera, al este con Casas, y al oeste con el municipio de Jaumave. Victoria se encuentra a 246 km de Monterrey y a 319 km de la Frontera de Estados Unidos. Tiene una superficie total de 188 km², una altitud media de 318 m.s.n.m. y una población aproximada de 305.155 habitantes (Robotica, 2016)

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó el Sensor By Plantower que se muestra en la Figura 2 para medir partículas de PM 2.5 en cuadro plazas y un bosque ubicados en ciudad victoria México.

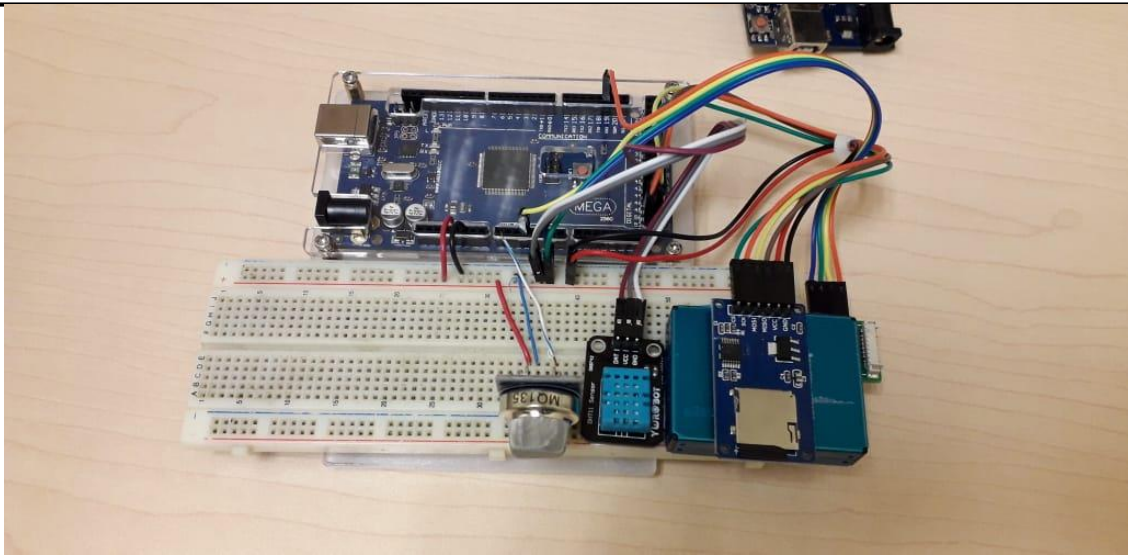


Figura 2. . Sensor By Plantower PM 2.5

Fuente: propia

Además de este dispositivo se utilizó el método de recolección de datos en el centro del área de estudio para el muestreo en las zonas señaladas anteriormente. Para un buen desarrollo del proyecto se tuvieron los recursos humanos, en los cuales participaron: el tutor de la pasantía de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, la Doctora Bárbara Masías Hernández; como tutor de la Universidad de Cundinamarca el Docente Héctor Cruz y el estudiante Luis Felipe Molina Trujillo de Ingeniería Ambiental / Ingeniería en Ciencias Ambientales. Con ayuda del equipo para la medición de PM2.5 Sensor By Plantower, ver Figura 2. Las instalaciones de la universidad y el conocimiento de los docentes que proporcionó la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

MUESTREO

Para el desarrollo de este trabajo de pasantía se determinaron las concentraciones de PM 2.5 en las plazas Hidalgo, Juárez, Paseo Méndez, Abasolo y el Bosque Urbano nativo de Ciudad Victoria, donde se midieron además de las concentraciones de PM 2.5, datos de humedad

relativa y temperatura para posteriormente realizar un análisis estadístico determinando media, mediana, desviación estándar, puntos máximos y mínimos, adicionalmente se determinara la correlación de Pearson de: temperatura con respecto a PM 2.5 y humedad relativa con respecto a PM 2.5, con ayuda del sensor By Plantower PM 2.5, se realizó un muestreo de lunes a viernes, tres veces al día, con un horario de 8:00 am a 10:00 am; 12:00 m a 2:00pm; 4:00pm a 6:00pm , durante 4 semanas seguidas. El sensor se ubicó en el centro de las zonas de estudio, debido a que este sensor es muy sensible y si se mueve se pueden alterar los datos.

Este muestreo nos ayudó con la recolección de los datos para poder hacer el análisis estadístico que se manejara de la siguiente manera: los datos obtenidos del muestreo se importarán y organizarán para formar una base de datos, depurando información para evitar datos nulos.

Después se realizó un análisis estadístico descriptivo utilizando Microsoft Excel para obtener la media, mediana, desviación estándar, puntos máximos y mínimos de cada una de las plazas en cada hora del día identificándolas como mañana, medio día y tarde que hace referencia al intervalos de tiempo de 8:00 am a 10:00 am; 12:00 m a 2:00 pm y 4:00 pm a 6:00 pm. También los datos se analizaron mediante correlaciones (prueba de Pearson la cual mide el grado de relación o asociación existente generalmente entre dos variables aleatorias (Restrepo & Gonzalez, 2007)) entre las variables y series de tiempo.

Todos los análisis de datos se realizaron con el software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) de IBM, versión 25. Se usó $p < 0.05$ (valores de p) para indicar significancia estadística, y al final determinar el índice metropolitano de calidad del aire en Ciudad Victoria con respecto al material particulado de 2.5 miras.

El Índice Metropolitano de la Calidad del Aire es un indicador diseñado en México para informar a la población sobre el estado de la calidad del aire que muestra qué tan contaminado se encuentra el aire y cuáles podrían ser los efectos en la salud.

Ambiental del Distrito Federal NADF-009-AIRE-2006 en donde se establecen los requisitos para su cálculo y difusión y se calcula para cinco de los contaminantes criterio: dióxido de azufre, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, ozono y partículas suspendidas; se representa con una escala que va de 0 a 500, donde el valor de 100 se asigna al valor indicado por la Norma Oficial Mexicana para cada contaminante. Un valor menor a 100 se considera satisfactorio y con un bajo riesgo para la salud. Cualquier nivel superior a 100 implica algún riesgo para la salud, entre más grande es el valor del índice, mayor es la contaminación y el riesgo. (Mexico, 2018)

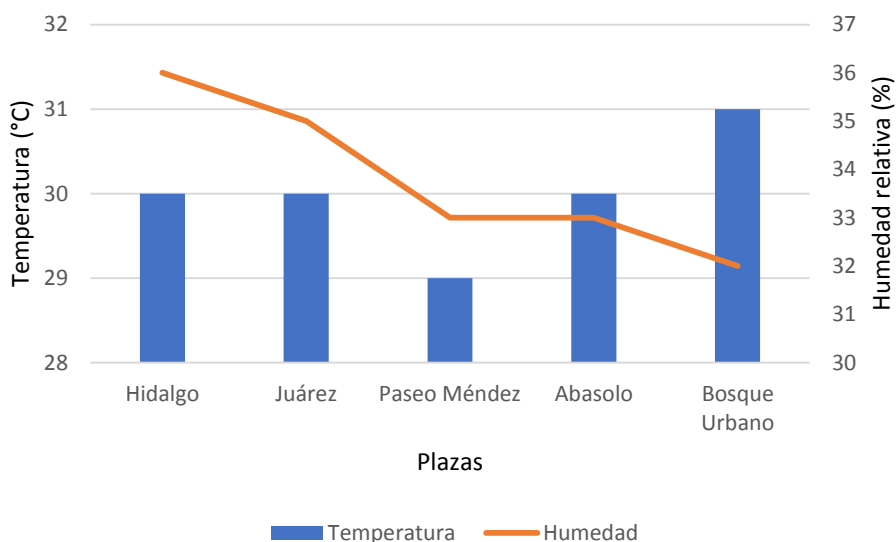
Categoría	Intervalo	Riesgos a la Salud	Recomendaciones
BUENA	0-50	Bajo	Se puede realizar cualquier actividad al aire libre
REGULAR	51-100	Moderado	Las personas que son extremadamente susceptibles a la contaminación deben considerar limitar la exposición al aire libre
MALA	101-150	Alto	Los niños, adultos mayores, personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares, así como personas que realizan actividad física al aire libre deben limitar la exposición al aire libre
MUY MALA	151-200	Muy Alto	Los niños, adultos mayores, personas que realizan actividad física intensa o con enfermedades respiratorias y cardiovasculares, deben evitar la exposición al aire libre y el resto de la población debe limitar la exposición al aire libre
EXTREMADAMENTE MALA	201-300	Extremadamente Alto	Toda la población debe evitar la exposición al aire libre
PELIGROSA	301-500	Peligro	Suspensión de actividades al aire libre

Figura 3. Datos para determinar el IMECA
 Fuente; (Mexico, 2018).

7. RESULTADOS Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos en esta investigación de cada una de las plazas y del bosque urbano de Ciudad Victoria en relación a las partículas de PM 2.5, los cuales fueron tomados con un sensor de bajo costo que recibe el nombre de PM2.5 Sensor By Plantower, con el que se colectaron un total de datos de 25,737 y una concentración promedio de $6.04 \pm 5.146 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (med \pm DS). Durante la campaña de muestreo se midió paralelamente la temperatura y humedad (Tabla 1). La temperatura promedio fue de $29.65 \text{ }^\circ\text{C}$ y la humedad de 35.44%. Las zonas que arrojó resultados más altos de temperatura fue el bosque urbano con 35°C y de humedad relativa fue la plaza Hidalgo con 31.5% y las zonas con resultados más bajos de temperatura fue la plaza Paseo Méndez con 29°C y humedad relativa fue el bosque urbano con 29.1%, lo que nos indica que la temperatura y la humedad relativa en estas zonas de estudio son inversamente proporcionales (a mayor temperatura, menor humedad relativa).

Figura 4. Relación entre humedad relativa y temperatura en las áreas de estudio



La figura hace referencia a la relación entre temperatura y humedad relativa, donde se puede evidenciar que la temperatura es inversamente proporcional a la humedad relativa en cada una de las plazas y bosque urbano que se muestrearon.

El análisis de varianza (ANOVA $p = 0.05$) tipo III reportó diferencias estadísticas significativas entre los sitios de muestreo en donde se observó que la concentración promedio más alta de $PM_{2.5}$ se encontró en la plaza Abasolo ($8.36 \pm 5.70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (med \pm DS), la cual presenta mayor estabilidad en los datos obtenidos. Mientras que los promedios más bajos se registraron en el Bosque Urbano y el Paseo Méndez con concentraciones de $4.35 \pm 4.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $4.33 \pm 3.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.

La plaza Abasolo se caracteriza por ser un área verde con poca cubierta vegetal comparada con las demás, el flujo vehicular es constante durante el día ya que es una de las principales avenidas que conectan la zona suburbana con el centro de la ciudad, el mismo efecto se observó en la plaza Hidalgo ($6.91 \pm 6.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$), la cual está rodeada por calles con tráfico vehicular continuo y en menor concentración, se ubicó a la plaza Juárez que cuenta con mayor cobertura vegetal y tráfico vehicular solo en horas pico y en dos de las tres calles que la rodean.

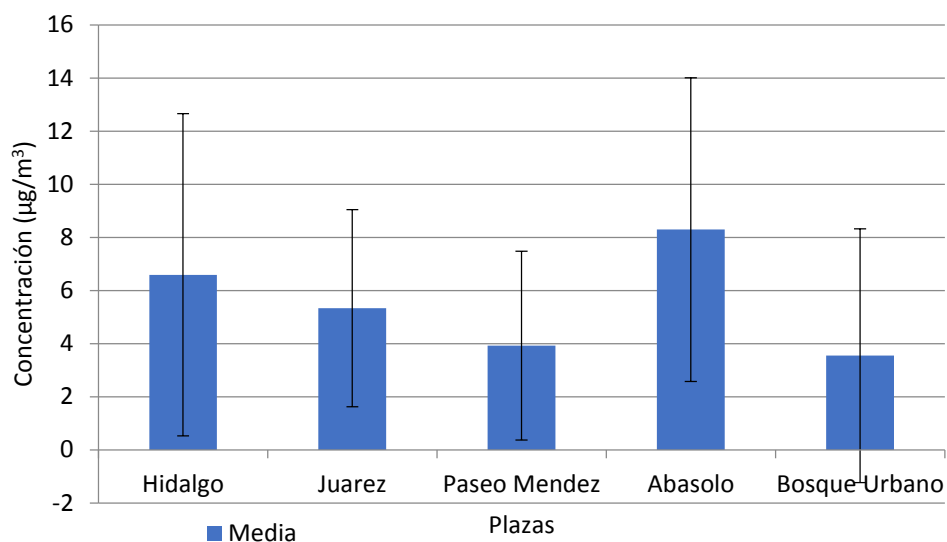


Figura 5. Media de la concentración de $PM_{2.5}$ por Plazas

En esta figura se puede evidenciar la media los datos de las concentraciones más altas y más bajas del material particulado de 2.5 micras con respecto a cada una de las zonas o plazas de evaluación, donde la plaza que muestra mayor concentración es la plaza Abasolo con $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de concentración y con la barra de error más larga, lo que significa que la concentración del contaminante evaluado es más alta en comparación a las demás plazas.

A pesar de que la plaza El paseo Méndez cuya cubierta vegetal es mayor a las anteriores y a pesar de tener un alto flujo de tráfico las concentraciones fueron similares a la del bosque urbano (Arroyave, Posada, Nowak, & Hoehn, 2018). Por otro lado, se pudo observar que los valores promedio no rebasan los límites establecidos en la norma oficial mexicana NOM-025-SSA1-2014 como se evidencia en la Tabla 1, que establece $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración límite de exposición por 24 horas.

Tabla 2. Promedios de PM_{2.5} por plaza ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

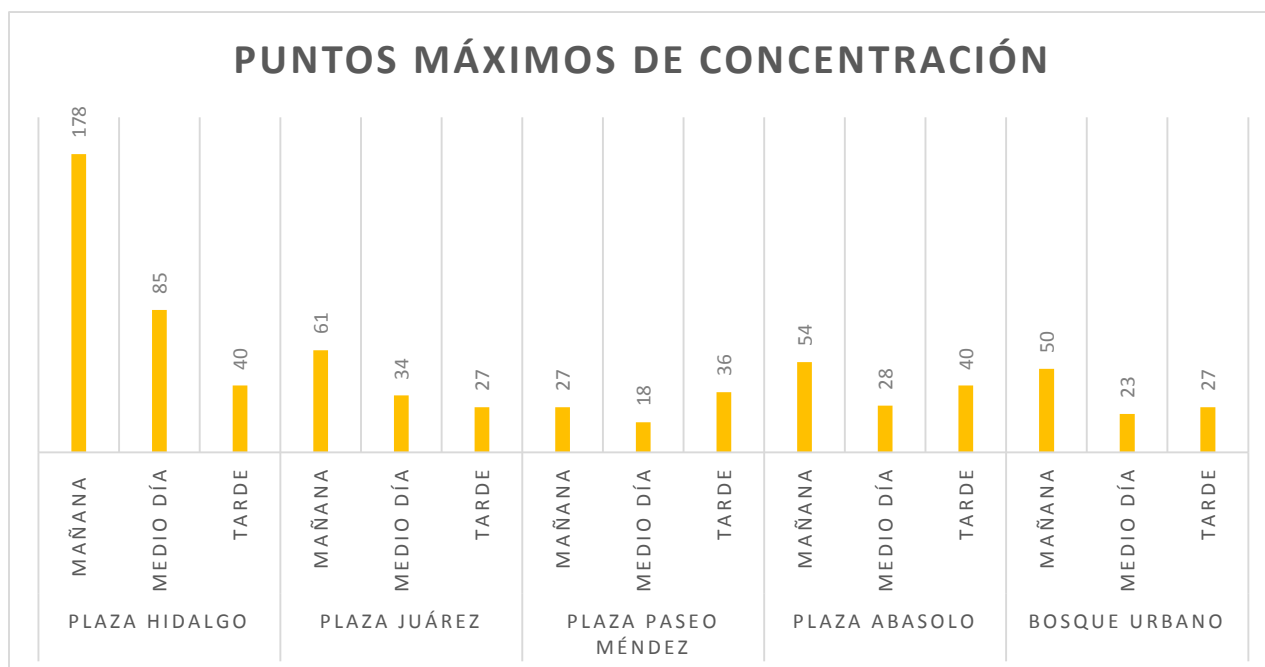
Plaza	Media	Desviación estándar
Plaza Hidalgo	6.91C	6.031
Plaza Juárez	5.52B	3.633
Plaza Paseo Méndez	4.33A	3.488
Plaza Abasolo	8.36D	5.692
Bosque Urbano	4.35A	4.947

Esta tabla muestra el promedio de las concentraciones tomadas en las cuatro semanas en cada zona de estudio con su respectiva desviación estándar.

Sin embargo, como se observa en el tabla 2, por periodos de tiempo mañana, medio día y tarde las concentraciones excedieron los limites reportados por la norma, principalmente durante la mañana reportándose mayores concentraciones en la plaza Hidalgo con un promedio de $10 \pm 8.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y un máximo de $178 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la plaza Abasolo, con $9.58 \pm 6.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y un máximo de $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Horas en las que el aire está todavía frio, por lo que es más denso y difícil de dispersarse, a medida que el aire se calienta (a medio día) estas son dispersadas por el efecto del calor sobre el aire el cual tiende a subir (Sbarto & Ortega, 2010). Los valores más bajos se observaron durante la tarde, en donde la actividad vehicular disminuye, excepto para la plaza de Abasolo, cuyos valores se registraron constantes durante las diferentes horas de muestre

Tabla 3. Análisis descriptivo a diferente hora por plaza $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Plaza	Hora	Media	Mediana	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Plaza Hidalgo	Mañana	10.63C	9.00	11943	8.020	1	178
	Medio Día	5.74B	5.00	16314	4.505	1	85
	Tarde	5.16A	4.00	14588	3.945	1	40
Plaza Juárez	Mañana	6.69C	6.00	17516	3.883	1	61
	Medio Día	4.81B	4.00	16885	3.276	1	34
	Tarde	4.58A	4.00	9054	3.114	1	27
Plaza Paseo Méndez	Mañana	6.98C	6.00	12005	4.155	1	27
	Medio Día	3.58B	3.00	14628	2.696	1	18
	Tarde	2.92A	2.00	14645	2.141	1	36
Plaza Abasolo	Mañana	9.58C	8.00	17445	6.211	1	54
	Medio Día	6.77A	6.00	16723	3.752	1	28
	Tarde	8.74B	7.00	14584	6.417	1	40
Bosque Urbano	Mañana	5.72C	4.00	13680	6.789	1	50
	Medio Día	3.15A	2.00	13037	2.490	1	23
	Tarde	3.90B	3.00	6714	3.014	1	27



En esta grafica se pueden identificar los puntos máximos de concentración de PM 2.5 de cada una de las plazas a diferentes tiempos del día; mañana, medio día y tarde, donde se puede observar que la mayor concentración de PM 2.5 se presenta en la plaza HIDALGO en las horas de la mañana debido a que en el centro de ella existen carros de venta de gomas los cuales son impulsados por motos y cada que los carros se movían marcaba más material particulado en el equipo.

Por otro lado también se puede observar en la gráfica que todas las plazas presentan concentraciones más altas en las horas de la mañana, esto se debe a que en la mañana las personas salen a trabajar y a llevar a los niños al colegio, por esto aumenta el tráfico y las emisiones de material particulado de 2.5 en todas las plazas exceptuando la plaza Paseo Méndez por lo que esta no tiene trafico tan continuo y tiene más vegetación que las demás plazas de estudio la cual ayuda a retener el material particulado de 2.5 micras de diámetro.

Tabla 4. Correlación de Pearson

Hora	Temperatura	Humedad
Mañana	-0,150	0,078
Medio día	-0,028	0,185
Tarde	-0,063	0,333

Para interpretar la correlación de Pearson se debe conocer el intervalo del índice de correlación el cual se evalúa de -1 a 1, los resultados obtenidos en la correlación que se aplicó en la mañana, medio día y tarde de las concentraciones de PM 2.5 con respecto a la temperatura arrojaron resultados entre los intervalos de -0,063 a -0,150 lo que indica según la escala de Pearson que se encuentran en el intervalo de -0,01 a -0.19 lo que indica que es una correlación negativa muy baja. Y las concentraciones de PM 2.5 con respecto a la humedad relativa arrojaron resultados positivos en un intervalo de 0,078 a 0,333 donde según la escala de Pearson se encuentra entre una correlación positiva muy baja y una correlación positiva baja.

En la siguiente Tabla se puede observar el índice de la calidad del aire (IMECA) para PM_{2.5} en cada plaza, donde registra un índice en el intervalo de 0-50 puntos IMECA.

Tabla 5. Índice Metropolitano de la calidad del aire (IMECA) para PM_{2.5} por plaza

Plaza	IMECA	Categoría
Hidalgo	22.43	Buena
Juárez	17.92	Buena
Paseo Méndez	14.05	Buena
Abasolo	27.14	Buena
Bosque Urbano	14.12	Buena

Los valores que se muestran en la tabla 6 indican que el índice metropolitano de calidad del aire es de categoría buena, en caso de la plaza Abasolo tiene un IMECA de 27.14, el cual es el valor más alto con respecto al material particulado de 2.5 en comparación a las demás plazas, según la Figura 3 se evidencia que los valores entre 0 -50 indican un riesgo a la salud bajo y categoría buena y con permisos de realizar cualquier actividad al aire libre.

También se puede interpretar de la siguiente manera: las concentraciones en la Plaza Juárez, Hidalgo y Abasolo fueron un poco más altas respecto al Bosque Urbano y Paseo Méndez que tuvieron un promedio de concentraciones casi igual, esto debido a que en dicha Plaza y Bosque Urbano existe una gran cantidad y variedad de vegetación nativa. Por lo tanto el promedio de concentraciones de PM_{2.5} en las cinco áreas de estudio no fueron mayores, esto quiere decir que no se encuentran altamente contaminadas ya que ninguna sobrepasó los límites máximos permisibles de la Norma oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014 y según el IMECA, el índice se encuentra en la categoría (Buena de 0-50 puntos) representada con el color verde en cuanto a la calidad del aire para PM 2.5 ya que solo se evaluó este contaminante.

8. CRONOGRAMA

Tabla 6. Cronograma de Actividades

Actividades	Mes				
	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Muestreo	X	X			
Análisis de resultados		X	x		
Comparación con la normatividad vigente			x		

9. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN

Gracias a la internacionalización, la pasantía fue financiada por la Universidad Autónoma de Tamaulipas, que apoyó en el transporte de la universidad a las diferentes áreas de estudio, proporcionó los instrumentos necesarios para cumplir los objetivos (PM 2.5 sensor By Plantower), además de esto, los programas necesarios para la lectura y análisis de los datos recolectados y las asesorías de los tutores.

Tabla 7. Presupuesto

PRESUPUESTO	
GASTOS	VALOR
Sensor	\$10.000 MXN
Gasolina (semanales)	\$400 MXN
Tutorías	\$1000 MXN
TOTAL	\$11.400 MXN

10. CONCLUSIONES

Se midieron las concentraciones de PM 2.5 en las diferentes plazas y bosque urbano y se concluye que la zona con mayores concentraciones de PM 2.5 en Ciudad Victoria, Tamaulipas, México fue la plaza Abasolo con $8.36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM 2.5.

Al momento que se realizó el muestreo y se analizaron los datos se puede observar que la plaza Paseo Méndez que es la plaza que más cobertura vegetal tiene obtuvo una concentración de PM 2.5 de $4.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y el bosque urbano una concentración de PM 2.5 de $4.35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lo que quiere decir que donde se encuentre más vegetación va a retener más material particulado de 2.5 micras de diámetro. Esto se evidencia comparando las plazas anteriormente mencionadas con la

plaza Abasolo que fue la que más concentración obtuvo con respecto a PM 2.5 con una concentración de $8.36 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Luego de recolectar los datos del muestreo, se pasaron al computador para ser procesados en dos software diferentes arrojándonos una correlación entre humedad relativa y temperatura versus a las concentraciones de PM 2.5 lo que nos indica que la temperatura y la humedad relativa no tiene ninguna influencia sobre las concentraciones de PM 2.5, es decir, si la temperatura y la humedad relativa aumentan o disminuyen no van a afectar en las concentraciones de PM 2.5 siempre van a ser igual.

En el momento de determinar el índice metropolitano de calidad del aire del promedio de las concentraciones de PM 2.5 de todas las plazas y los comparamos con la norma vigente se concluyó que la calidad del aire en Ciudad Victoria con respecto al material particulado de 2.5 micras se encuentra en categoría de buena calidad en un intervalo de 0 – 50 según el IMECA.

11. RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar un monitoreo frecuente de la calidad del aire en las diferentes plazas del área de estudio, para así llevar un registro de las concentraciones máximas y mínimas del material particulado en las diferentes horas, ya que son plazas principales donde transitan muchas personas durante el día y hay zonas de comidas, y con respecto al flujo vehicular es alto y continuo. Para así generar programas de restricción de algunos vehículos en las horas donde más se presente contaminación con el fin de disminuir los índices de la calidad del aire. Para poder calificar el índice de calidad del aire en las zonas de estudio se recomienda realizar un análisis para más profundo de todos los contaminantes criterios del aire que abarca el IMECA, para determinar esto se puede usar el índice de peligrosidad y la probabilidad de cáncer en el

tiempo de vida, según lo indica (García, Gruter, & Cintora, 2007), ya que este es aplicable a cualquier ciudad. Por otro lado existe otro método para analizar contaminantes criterios del aire y es por un método descriptivo de los promedio de concentraciones horarias y diarias como lo indican (Campos et al, 2008)

Se pueden ampliar un poco más la investigación haciendo estimaciones de contaminación con respecto a PM 10 Y PM 2.5 haciendo pruebas de carga y de sedimentación en el laboratorio, el cual la metodología que utilizaron para realizar la recolección de las muestras fue muy similar al que se realizó en esta investigación. Este es un estudio que mide PM 10 y PM 2.5 con respecto al material particulado emitido por vehículos y vías en pavimento y sin pavimento. (Meza, Quintero, García, & Ramírez, 2010). Por otro lado según la revisión bibliográfica del Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología para para obtener más información teórica sobre contaminantes del aire sus efectos y consecuencias sobre la salud humana y de los ecosistemas se pueden basar en este artículo. (Instituto Nacional de Higiene, 2006)

12. BIBLIOGRAFÍA

- A.L. Urbizu-González, E. D.-L.-R.-E. (2014). Incremento vehicular y estimación de las emisiones a la atmosfera . *Instituto Tecnológico de Cd. Victoria* , 34-41.
- Ambiental, C. G. (2015). *Evaluacion de las Particulas Suspendidas PM2.5 en el Area Metropolitana de Monterrey* . Monterrey: INECC.
- Ambiental, C. G. (agosto de 2017). *paoh*. Obtenido de https://www.paho.org/mex/index.php?option=com_docman&view=download&slug=1301-estado-calidad-victor-paramo&Itemid=493
- Aragon, G. d. (2019). *Indice diario de calidad del aire* . España.
- Arroyave, M., Posada, M., Nowak, D., & Hoehn, R. (2018). Remoscion de contaminantes atmosfericos por el bosque urbano en el Valle de Aburra . *Colombia Forestal* , 5-16.
- Campos et al, .. (2008). Monitoreo de contaminantes atmosféricos en ciudad de Chihuahua (Norte de México) como una herramienta para la gestión de calidad del aire. *Latinoamericana de recursos naturales*, 357-366.
- EPA. (5 de junio de 2018). *espanol.epa*. Obtenido de <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente>
- Garcia, J., Gruter, M., & Cintora, D. (2007). Evaluación del riesgo por contaminantes criterio y formaldehido en la Ciudad de México . *Int. Contam. Ambient.* , 169-175 .
- Gutieerez Barba, B., & Herrera Colmenero, N. (2006). La Ingeniería Ambiental en México . *Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnolog'ia del Instituto Polit'ecnico Nacional*.
- Instituto Nacional de Higiene, E. y. (2006). La contaminación del aire: su repercucion como problema de la salud . *Cubana Hig Epidemiol*.

Jimenez Cisneros, B. E. (2005). *La Contaminación Ambiental en México*. Balderas Mexico DF:

Limusa S.A.

Linares, C., & Diaz, j. (2008). Un buen indicador de la contaminación urbana por causas antropogénicas, Las PM_{2.5} y su afectación a la salud . *El ecologista* .

Mexico, G. C. (2018). *Aviso por el que se da a conocer la norma ambiental para el distrito federal nadf009-aire-2017, que establece los requisitos para elaborar el índice de calidad del*. Ciudad de Mexico: Gobierno Ciudad de Mexico.

Meza, L., Quintero, M., Garcia, R., & Ramirez, J. (2010). Estimación de factores de emisión de PM₁₀ Y PM_{2.5}, en vías urbanas en Mexicali, Baja California, México. *Información Tecnológica* , 45-56.

Restrepo, L., & Gonzalez, J. (2007). De Pearson a Spearman . *Colombiana de ciencias pecuarias* , 183-192.

Robotica, T. M. (2016). *femexrobotica*. Obtenido de <https://www.femexrobotica.org/tmr2016/cd-victoria>

Sbarto, D., & Ortega, J. (2010). *Analisis y caracterizacion del material particulado atmosferico*. Cordoba, Argentina: Universidad Nacional De Cordoba.

Secretaria de Salud. (2014). *NORMA Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014*. Obtenido de <http://www.spabc.gob.mx/wp-content/uploads/2017/12/NOM-025-SSA1-2014.pdf>

Tamaulipas, P. d. (2018-2027). *gob.mx*. Obtenido de Tamaulipas :

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/399257/28_ProAire_Tamaulipas.pdf

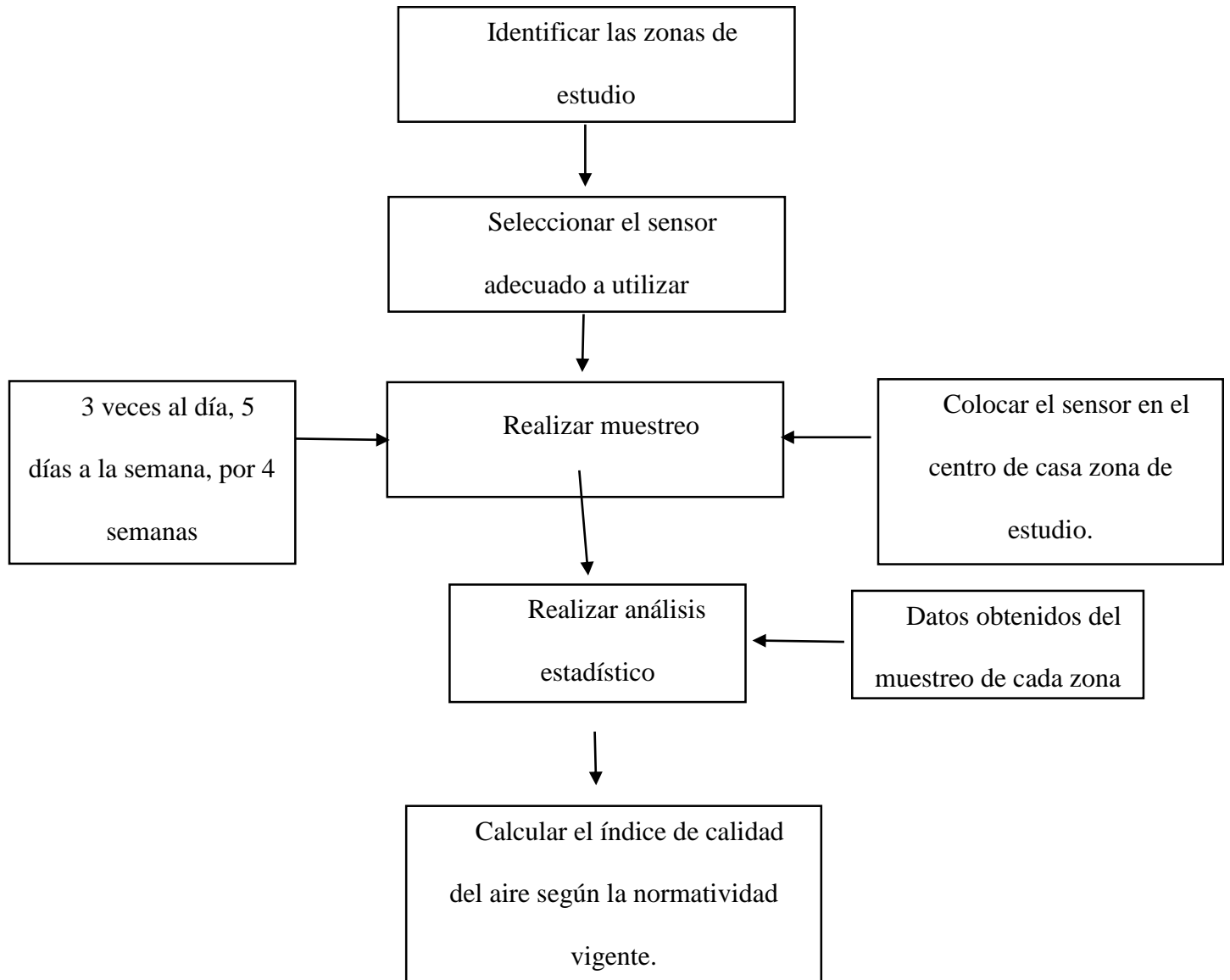
Vallejo, M., Jauregui, K., Hermosillo, A., Marquez, M., & Cardenas, M. (2002). Efectos de la contaminación atmosférica en la salud y su importancia en la ciudad de Mexico. *Articulo de revisión* .

Velasquez, H., Trinidad, A., Gomez, R., & Arroyo, E. (12 de noviembre de 2012). *yumpu*.

Obtenido de <https://www.yumpu.com/es/document/read/42791989/muestreo-de-malezas-con-el-metodo-5-de-oros-universidad->

ANEXOS

Anexo 1 METODOLOGIA

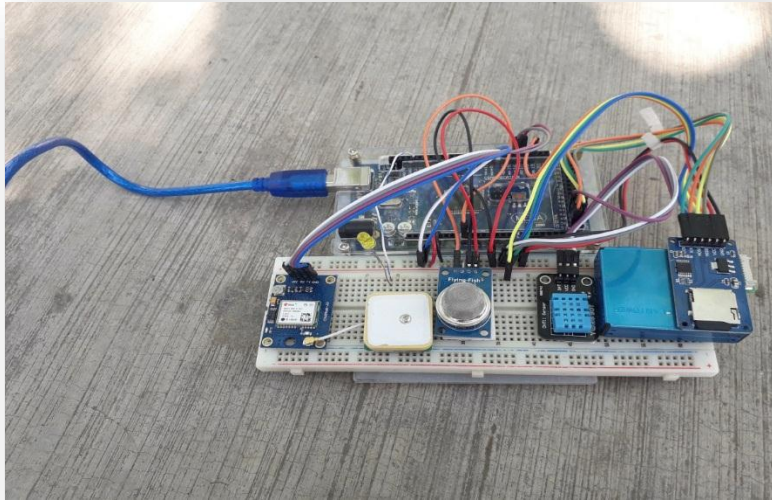


Anexo 2FORMATO PARA LA RECOLECCION DE LOS DATOS

MUESTREO DE PLAZAS Y BOSQUE

SEMANA	P 8	P 9	P 15	PM	BU
1	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
2	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Lunes
3	Miércoles	Jueves	Viernes	Lunes	Martes
4	Jueves	Viernes	Lunes	Martes	Miércoles

Anexo 3 EVIDENCIA DE TOMA DE LAS MUESTRAS



PM2.5 Sensor by plantower



Plaza Abasolo



Bosque Urbano



Paseo Méndez



Plaza Hidalgo



Plaza Juárez

BASE DE DATOS 2.sav [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Visible: 6 de 6 variables

	PLAZA	DIA	HORA	PM2.5	humidity	temperature	var	var	var	var	var	var
1	1	1	1		75	23						
2	1	1	1		75	23						
3	1	1	1		75	23						
4	1	1	1		75	23						
5	1	1	1		75	24						
6	1	1	1		75	24						
7	1	1	1		74	24						
8	1	1	1		74	24						
9	1	1	1	14	75	24						
10	1	1	1	14	75	24						
11	1	1	1	12	75	24						
12	1	1	1	14	75	24						
13	1	1	1	15	75	24						
14	1	1	1	15	75	24						
15	1	1	1	15	75	23						
16	1	1	1	17	75	23						
17	1	1	1	16	75	23						
18	1	1	1	20	75	23						
19	1	1	1	17	75	23						
20	1	1	1	12	75	23						
21	1	1	1	12	75	23						
22	1	1	1	17	75	23						
23	1	1	1	20	75	24						

Vista de datos Vista de variables

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode ON

Base de datos (SPSS)

Resultado ultima tabla.spv [Documento3] - IBM SPSS Statistics Visor

Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

	PLAZA JUAREZ				
	-1,17 ^a	,036	,000	-1,27	-1,07
	,02	,036	,997	-,08	,12
	-4,01 ^a	,035	,000	-4,11	-3,92

Se basa en las medias observadas.
 El término de error es la media cuadrática(Error) = 23.989.
 *. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05.

Subconjuntos homogéneos

HSD Tukey^{a,b,c}

PLAZA	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
PLAZA PASEO MENDEZ	41278	4,33			
BOSQUE URBANO	33431	4,35			
PLAZA JUAREZ	43455		5,52		
PLAZA HIDALGO	42845			6,91	
PLAZA ABASOLO	48752				8,36
Sig.		,984	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
 Se basa en las medias observadas.
 El término de error es la media cuadrática(Error) = 23.989.

- Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 41321.435.
- Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.
- Alfa = 0,05.

DATASET CLOSE ConjuntoDatos1.

Prueba de Tukey (SPSS)