



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE
MEDIANTE LA CARACTERIZACIÓN DE METALES PESADOS
EN SÓLIDOS SEDIMENTABLES EN LA CIUDAD DE
RIOBAMBA”**

Trabajo de titulación para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: JESSICA ANDREA MEJÍA GARCÉS

TUTOR: ING. ANDRÉS BELTRÁN DÁVALOS

RIOBAMBA – ECUADOR

2016

© 2016 Jessica Andrea Mejía Garcés.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal del Trabajo de titulación certifica que: El trabajo técnico: **“EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE MEDIANTE LA CARACTERIZACIÓN DE METALES PESADOS EN SÓLIDOS SEDIMENTABLES EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA”** de responsabilidad de la egresada Jessica Andrea Mejía Garcés, ha sido prolijamente revisado por lo Miembros del Tribunal del Trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Ing. Andrés Beltrán

**DIRECTOR DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN**

.....

.....

Ing. Jenner Baquero

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

.....

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Jessica Andrea Mejía Garcés declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autora, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 23 de Noviembre del 2016

Jessica Andrea Mejía Garcés

060387269-8

Yo, Jessica Andrea Mejía Garcés soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este trabajo de titulación, el patrimonio intelectual del trabajo de titulación pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Jessica Andrea Mejía Garcés.

DEDICATORIA

A mis padres, el pilar fundamental en mi vida, por todos los días impulsarme a ser mejor, por confiar en mí y ayudarme con este proyecto, todo lo que hicieron y hacen por mí está reflejado en este trabajo.

A mis hermanos Andhy, Roy y Grace son mi ejemplo de superación, dedicación y que las cosas hechas con amor tienen los mejores frutos.

A mis amigos y amigas por siempre recordarme mis metas, por ser mi apoyo, mi escucha y por su amistad verdadera.

Jessica

AGRADECIMIENTO

A Dios por todos los días darme la oportunidad de vivir, bendecirme y permitirme cumplir con este objetivo.

A mis padres por su amor incondicional, consejos, paciencia y ayudarme a crecer en valores.

A la Dirección de Gestión Ambiental, Salubridad e Higiene del GADM Riobamba a cargo del Lic. Geovanny Bonifaz, especialmente al Ing. Patricio Salas por la apertura para realizar el este trabajo, colaboración y apoyo.

Al Ing. Andrés Beltrán e Ing. Jenner Baquero por compartirme sus conocimientos a lo largo de este proyecto.

Jessica

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
TABLA DE CONTENIDO.....	viii
INDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
CAPÍTULO I.....	4
1. MARCO REFERENCIAL	4
1.1 Atmósfera.....	4
1.2 Composición	4
1.3 Capas de la Atmósfera.....	5
1.4 Contaminación del Aire	5
1.4.1 Natural.....	6
1.4.2 Antropogénica.....	7
1.5 Fuentes de contaminación del aire	7
1.6 Contaminantes Específicos del Aire.....	8
1.6.1 Primarios	8
1.6.1.1 Dióxido de Azufre.....	8
1.6.1.2 Óxidos de nitrógeno	8
1.6.1.3 Monóxido de Carbono.....	9
1.6.1.4 Hidrocarburos.....	9
1.6.1.5 Partículas suspendidas.....	10
1.6.1.6 Material particulado	10
1.6.2 Secundarios	13
1.6.2.1 Ozono	13
1.6.2.2 PAN (C ₂ H ₃ NO ₅).....	13
1.6.2.3 Metales pesados.....	14
1.7 Fuentes de emisión y efectos en la salud humana de los metales pesados en estudio... 14	14
1.8 Sólidos sedimentables en la ciudad de Riobamba.....	16
1.9 Toxicantes en sólidos sedimentables.....	17
1.9.1 Cadmio (Cd).....	18
1.9.2 Arsénico (As)	18

1.9.4	Plomo (Pb)	18
1.9.5	Cromo (Cr)	19
1.9.6	Selenio (Se)	19
1.9.7	Cobre (Cu).....	19
1.9.8	Manganeso (Mn)	19
1.9.9	Vanadio (V).....	19
1.9.10	Berilio (Be).....	20
1.9.11	Níquel (Ni)	20
1.9.12	Aluminio (Al).....	20
1.9.13	Cobalto (Co).....	20
1.9.14	Plata (Ag)	20
1.9.15	Bario (Ba).....	21
1.10	Destino de los contaminantes.....	21
CAPÍTULO II		22
2.	Marco metodológico	22
2.1	Tipo de estudio.....	22
2.2	Metodología (modificada) de identificación y evaluación de riesgos para la salud en sitios contaminados.....	22
2.3	Metodología de Bergerhoff para la toma de muestras de sólidos sedimentables.	23
2.4	Método gravimétrico para la obtención de sólidos sedimentables.....	23
2.5	Metodología para el análisis de metales mediante Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP)	23
2.6	Metodología para el análisis de datos mediante el software SPSS	25
2.6.1	Chi Cuadrado	25
2.6.2	Análisis de normalidad y varianzas (ANOVA).....	25
2.6.3	Análisis factorial	25
CAPÍTULO III.....		26
3.	Resultados	26
3.1	Selección de sitios de muestreo.....	26
3.1.1	Descripción de las zonas	27
3.1.2	Identificación de los sitios peligros - Listado.....	33
3.1.3	Inspección - Descripción de sitios peligrosos	33
3.1.4	Tipos de contaminantes.....	35
3.1.5	Puntos de exposición.....	39
3.2	Recolección de muestras	40
3.3	Obtención de sólidos sedimentables.....	40

3.4	Análisis de metales pesados mediante ICP	42
3.5	Análisis estadístico	49
3.5.1	Prueba Chi Cuadrado	49
3.5.2	Análisis de normalidad y varianza (Anova)	55
3.5.3	Análisis Factorial.....	70
	CONCLUSIONES	98
	RECOMENDACIONES	101
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE CONTENIDOS DE ABREVIATURAS

AME	Asociación de Municipalidades del Ecuador
ATSDR	Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades
COV'S	Compuestos Orgánicos Volátiles
COVNM	Compuestos Orgánicos Volátiles No Metálicos
COx	Óxidos de Carbono
EPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
EP-EMAPAR	Empresa Pública Empresa Municipal de Agua Potable de Riobamba
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
GADMR	Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Riobamba
HAP	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
HC	Hidrocarburos
ICP	Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente
MP	Material Particulado
NOx	Óxidos de Nitrógeno
PAN	Peroxiacetil Nitrato
PCB	Bifenilos Policlorados
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Composición del aire seco en la parte más baja de la troposfera (libre de vapor de agua)	4
Tabla 2-1 Fuentes Naturales de contaminación atmosférica	6
Tabla 3-1 Fuentes de emisión y efectos en la salud humana de los metales en estudio	14
Tabla 4-2 Metales pesados y método EPA de análisis	24
Tabla 5-3 Materiales fábrica de vidrio	36
Tabla 6-3 Materiales metalmecánicas	36
Tabla 7-3 Materiales industria maderera	37
Tabla 8-3 Materiales taller de enderezamiento y pintura	37
Tabla 9-3 Materiales fundición de aluminio	38
Tabla 10-3 Materiales fábrica de hormigón	38
Tabla 11-3 Materiales empresa de niquelados y cromados	38
Tabla 12-3 Puntos de exposición de acuerdo a los puntos de monitoreo en la ciudad de Riobamba	39
Tabla 13-3 Área total de las jarras	41
Tabla 14-3 Medición de metales pesados en sólidos sedimentables, estación AME	43
Tabla 15-3 Medición de metales pesados en sólidos sedimentables, estación La Merced	44
Tabla 16-3 Medición de metales pesados en sólidos sedimentables, estación EMAPAR	45
Tabla 17-3 Medición de metales pesados en sólidos sedimentables, estación avenida Canónigo Ramos	46
Tabla 18-3 Medición de metales pesados en sólidos sedimentables, estación La Cerámica.	47
Tabla 19-3 Medición de metales pesados en sólidos sedimentables, estación avenida Pedro Vicente Maldonado	48
Tabla 20-3 Prueba Chi Cuadrado sólidos sedimentables	49
Tabla 21-3 Prueba Chi Cuadrado Cadmio	49
Tabla 22-3 Prueba Chi Cuadrado Molibdeno	50
Tabla 23-3 Prueba Chi Cuadrado Plomo	50
Tabla 24-3 Prueba Chi Cuadrado Cromo	51
Tabla 25-3 Prueba Chi Cuadrado Cobre	51
Tabla 26-3 Prueba Chi Cuadrado Manganeso	52
Tabla 27-3 Prueba Chi Cuadrado Vanadio	52
Tabla 28-3 Prueba Chi Cuadrado Níquel	53
Tabla 29-3 Prueba Chi Cuadrado Aluminio	53
Tabla 30-3 Prueba Chi Cuadrado Cobalto	54
Tabla 31-3 Prueba Chi Cuadrado Bario	54
Tabla 32-3 ANOVA Plomo	55
Tabla 33-3 ANOVA Cromo	56
Tabla 34-3 ANOVA Vanadio	57
Tabla 35-3 ANOVA Níquel	59
Tabla 36-3 ANOVA Aluminio	60
Tabla 37-3 ANOVA Cobalto	61
Tabla 38-3 ANOVA Bario	63
Tabla 39 -3 ANOVA sólidos sedimentables	64
Tabla 40-3 ANOVA Cadmio	65
Tabla 41-3 ANOVA Molibdeno	66

Tabla 42-3 ANOVA Cobre	67
Tabla 43-3 ANOVA Manganese.....	69
Tabla 44-3 Estadísticos descriptivos	70
Tabla 45-3 Matriz de correlaciones	71
Tabla 46-3 Prueba de Bartlett.....	72
Tabla 47-3 Comunalidades.....	72
Tabla 48-3 Varianza total explicada.....	73
Tabla 49-3 Matriz de componentes rotados	74
Tabla 50-3 Estadísticos descriptivos	76
Tabla 51-3 Matriz de correlaciones	77
Tabla 52-3 Prueba de Bartlett.....	78
Tabla 53-3 Comunalidades.....	78
Tabla 54-3 Varianza total explicada.....	79
Tabla 55-3 Matriz de componentes rotados	80
Tabla 56-3 Estadísticos descriptivos	81
Tabla 57-3 Matriz de correlaciones	82
Tabla 58-3 Prueba de Bartlett.....	82
Tabla 59-3 Comunalidades.....	83
Tabla 60-3 Varianza total explicada.....	83
Tabla 61-3 Matriz de componentes rotados	84
Tabla 62-3 Estadístico descriptivos.....	86
Tabla 63-3 Matriz de correlaciones	86
Tabla 64-3 Prueba de Bartlett.....	86
Tabla 65-3 Comunalidades.....	87
Tabla 66-3 Varianza total explicada.....	87
Tabla 67-3 Matriz de componentes rotados	88

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-3	Puntos de monitoreo en la ciudad de Riobamba.....	27
Figura 2-3	Punto de monitoreo estación avenida Pedro Vicente Maldonado	27
Figura 3-3	Punto de monitoreo estación avenida Canónigo Ramos	28
Figura 4-3	Punto de monitoreo estación AME.....	29
Figura 5-3	Punto de monitoreo estación La Cerámica.....	30
Figura 6-3	Punto de monitoreo estación La Merced	31
Figura 7-3	Punto de monitoreo estación EMAPAR.....	32
Figura 8-3	Digestión Ácida.....	42
Figura 9-3	Medición de metales pesados en sólidos sedimentables, estación AME.....	43
Figura 10-3	Medición de metales pesados en sólidos sedimentables, estación La Merced	44
Figura 11-3	Medición de metales pesados en sólidos sedimentables, estación EMAPAR.....	45
Figura 12-3	Medición de metales pesados en sólidos sedimentables, estación avenida Canónigo Ramos.....	46
Figura 13-3	Medición de metales pesados en sólidos sedimentables, estación La Cerámica. ..	47
Figura 14-3	Medición de metales pesados en sólidos sedimentables, estación avenida Pedro Vicente Maldonado	48
Figura 15-3	ANOVA Plomo	55
Figura 16-3	ANOVA Cromo	57
Figura 17-3	ANOVA Vanadio.....	58
Figura 18-3	ANOVA Níquel.....	59
Figura 19-3	ANOVA Aluminio	61
Figura 20-3	ANOVA Cobalto.....	62
Figura 21-3	ANOVA Bario.....	63
Figura 22-3	ANOVA sólidos	64
Figura 23-3	ANOVA Cadmio.....	66
Figura 24-3	ANOVA Molibdeno	67
Figura 25-3	ANOVA Cobre.....	68
Figura 26-3	ANOVA Manganeso	69
Figura 27-3	Gráfico de sedimentación.....	73
Figura 28-3	Gráfico de componentes en espacio rotado	74
Figura 29-3	Gráfico de sedimentación.....	79
Figura 30-3	Gráfico de componentes en espacio rotado	80
Figura 31-3	Gráfico de sedimentación.....	84
Figura 32-3	Gráfico de componentes en espacio rotado	85
Figura 33-3	Gráfico de sedimentación.....	88
Figura 34-3	Gráfico de componentes en espacio rotado	89
Figura 35-3	Grado de acumulación de metales pesados	91
Figura 36-3	Variabilidad del Plomo.....	91
Figura 37-3	Variabilidad del Cromo	92
Figura 38-3	Variabilidad del Vanadio.....	92
Figura 39-3	Variabilidad del Níquel	93
Figura 40-3	Variabilidad del Aluminio.....	93
Figura 41-3	Variabilidad del Cobalto	94
Figura 42-3	Variabilidad del Bario	94

Figura 43-3 Variabilidad de sólidos	95
Figura 44-3 Variabilidad del Cadmio	95
Figura 45-3 Variabilidad del Molibdeno.....	96
Figura 46-3 Variabilidad del Cobre	96
Figura 47-3 Variabilidad del Manganeso.....	97

INDICE DE ANEXOS

- ANEXO A** Descripción de la zona avenida Pedro Vicente Maldonado
- ANEXO B** Descripción de la zona avenida Canónigo Ramos
- ANEXO C** Descripción de la zona estación AME
- ANEXO D** Descripción de la zona estación La Cerámica
- ANEXO E** Descripción de la zona estación La Merced
- ANEXO F** Descripción de la zona estación EMAPAR

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la contaminación del aire mediante la caracterización de metales pesados en sólidos sedimentables en la ciudad de Riobamba. La selección de sitios de muestreo se hizo de forma aleatoria, de una lista de 10 lugares dentro del perímetro urbano, se escogió 6, los cuales se consideró que son zonas conflictivas por diversos motivos como la presencia de microempresas metalúrgicas, metalmecánicas y lugares que presentan gran cantidad de movimiento vehicular, utilizando la metodología de Bergerhoff se recolectó los sólidos sedimentables cada 28 – 32 días, entre Enero a Mayo de 2016, para la obtención del peso de los sólidos se utilizó el método gravimétrico y para la obtención de la cantidad de metales pesados se hizo por Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP). Los resultados obtenidos demostraron que existe cantidades variables de metales pesados, el análisis factorial mediante el software SPSS nos muestra que existen siete metales pesados importantes, los cuales se dividieron en dos grupos a los que se denominaron micronutrientes (Cobalto, Vanadio, Molibdeno, Cromo) y toxicantes (Cadmio, Bario, Níquel). Se concluye la investigación determinando que cierto metales pesados tienen mayor importancia: La estación - La Merced acumula mayor cantidad de Plomo, la estación ubicada en la Asociación de Municipalidades del Ecuador (AME) tiene mayor cantidad de Vanadio, Níquel, Aluminio, Bario y Cadmio; la estación ubicada en la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba (EMAPAR) acumula Cromo, Vanadio y Molibdeno; la estación de la avenida Canónigo Ramos tiene altos niveles de Cobre, la estación de la avenida Pedro Vicente Maldonado tiene Manganeso y la estación la Cerámica acumula gran cantidad de sólidos. Se recomienda implementar equipos para el monitoreo de metales pesados en las estaciones La Merced, AME y avenida Pedro Vicente Maldonado, ya que existen cantidades importantes de metales pesados y con el tiempo podría causar daño a salud y continuar con el monitoreo para correlacionar los datos de esta investigación con los metales pesados contenidos en material particulado PM10 y PM2.5.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGIA Y CIENCIAS DE LA INGENIERIA>, <BIOTECNOLOGÍA>, <CONTAMINACIÓN DEL AIRE> <SÓLIDOS SEDIMENTABLES> <METALES PESADOS> < ESPECTROMETRÍA DE MASA CON PLASMA ACOPLADO INDUCTIVAMENTE (ICP)> <MICRONUTRIENTES> <TOXICANTES>

ABSTRACT

The present research aimed to evaluate air pollution by characterizing heavy metals in sedimentable solids in Riobamba city. The selection of sampling sites was done randomly, from a list of 10 sites within the urban perimeter. It was chosen 6, which were considered conflictive areas for various reasons such as the presence of metallurgical, metal-mechanical microenterprises. Also, some places have a large amount of vehicular movement. By using the methodology of Begerhoff collected sedimentable solids every 28 – 32 days, between January to May 2016. The gravimetric method was used to obtain the weight of the solids and to obtain the amount of heavy metals was done by Mass Spectrometry with Inductively Coupled Plasma (ICP). The results obtained showed that there are variable amounts of heavy metals. SPSS software factorial analysis shows that there are seven important heavy metals, which were divided into two groups, called micronutrients (Cobalt, Vanadium, Molybdenum, Chromium) and toxicants (Cadmium, Barium, Nickel). The investigation concludes that certain heavy metals are more important. La Merced station accumulates more lead. The station located in Asociación de Municipalidades del Ecuador (AME) has more Vanadium, Nickel, Aluminium, Barium and Cadmium; The station located in Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba (EMAPAR) accumulates Chromium, Vanadium and Molybdenum. Canónigo Ramos Avenue station has high levels of Copper, Pedro Vicente Maldonado Avenue station has Manganese and Cerámica station accumulates a lot of solids. It is recommended to implement equipment for monitoring heavy metals in the station: La Merced, AME and Pedro Vicente Maldonado Avenue. Because, there are significant amounts of heavy metals and over time could cause damage to health. Also, It is important continued monitoring to correlate the data of this investigation with the heavy metals contained in PM10 and PM2.5 particulate material.

KEYWORDS: <ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCES>, <BIOTECHNOLOGY>, <AIR POLLUTION> <SEDIMENTABLE SOLIDS> <HEAVY METALS> <MASS SPECTROMETRY WITH INDUCTIVELY COUPLED PLASMA (ICP)> <MICRONUTRIENTS> <TOXICANTS>

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es un problema que se remonta desde la época de la industrialización, donde la utilización de combustibles fósiles fue en aumento, dejando de lado la calidad ambiental, sus graves consecuencias para la humanidad y llegándose a creer que los recursos naturales eran ilimitados.

La historia nos muestra que existen tres eventos que captaron la atención a nivel mundial, Bélgica 1930, Pennsylvania 1948 e Inglaterra 1952, donde se reportaron varias muertes a causa de la contaminación urbana, donde una masa de aire caliente se quedó en la parte superior de una capa de aire más frío, produciendo que los contaminantes (subproductos de la quema de combustibles fósiles) se mantuvieran cerca del suelo.

Las actividades que realizamos a diario como la utilización de vehículos, la utilización de insecticidas o procesos industriales, tienen impacto sobre el ambiente especialmente en la calidad del aire, teniendo como consecuencia gases contaminantes y material particulado, el cual puede contener metales pesados, que conducen a problemas de salud pública graves, además contribuye a problemas ambientales como el efecto invernadero, lluvia ácida y/o niebla fotoquímica.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la ciudad más contaminada del mundo es Onitsh – Nigeria y algunas ciudades del Caribe y Latinoamérica superan grandemente los niveles de material particulado establecidos; en Ecuador, Santo Domingo de los Tsáchilas es la ciudad más contaminada, pero también existen altos niveles de contaminación en ciudades como Milagro y Quito.

En la ciudad de Riobamba a pesar de no existir gran actividad industrial, existe presencia de pequeñas empresas de hierro forjado, madereras, mecánicas, alta cantidad de vehículos y transporte pesado, que por procesos propios y de combustión expulsan gases y material particulado conteniendo variados compuestos, elementos químicos como metales pesados y sólidos de todo tipo; conllevando a la disminución de la calidad del aire y disminución de la calidad de vida. Investigaciones de acerca de la influencia y caracterización de metales pesados en sólidos se han desarrollado en Bangi-Malasia, Ankara, Estambul, Ulu Dag y Bursa -Turquía, Agra-India, Brisbane-Australia, Shanghái – China y en varias ciudades mexicanas, lo que demuestra que existe interés e investigación pertinente.

Este trabajo de titulación consta de tres capítulos, en el capítulo I marco referencial se aborda algunos conceptos como las características de la atmósfera, contaminación del aire, metales pesados en la ciudad de Riobamba, enfermedades producidas por metales pesados y toxicología, todo basados en teorías y criterios de algunos autores y organizaciones como la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y la Agencia para Sustancia Tóxicas y Registro de Enfermedades (ATDSR).

En el capítulo II, se muestra el tipo de estudio y las diferentes metodologías a utilizar tales como: selección de los puntos de monitoreo, recolección de muestras, análisis de muestras por método gravimétrico y por Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP).

En el capítulo III se desarrolla los resultados a partir de las metodologías citadas, mostrando los puntos de monitoreo y descripción de ellos, la cantidad de metales pesados en sólidos sedimentables por metros cuadrado y la cantidad de metales pesados medidos en miligramos sobre kilogramos (ppm). Finalmente las conclusiones y recomendación, adicionalmente en los anexos se muestran el análisis estadístico usando el software SPSS para realizar Chi Cuadrado, Anova y análisis factorial.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La ciudad de Riobamba se encuentra en continuo crecimiento micro empresarial y poblacional, además que, por su ubicación en la Cordillera de los Andes, ciertas temporadas nos enfrentamos a erupciones volcánicas, por lo que, conocer la real situación ambiental y realizar un constante monitoreo es importante, urgente e imprescindible.

En Ecuador y particularmente en la ciudad de Riobamba no se ha desarrollado este tipo de investigaciones por lo que este trabajo es un aporte para conocer la realidad actual de la ciudad de Riobamba, además para la futura implementación de equipos de monitoreo de metales pesados.

Los beneficiarios de este trabajo será la población y el GADM Riobamba, en especial el departamento de Protección Ambiental, ya que se encuentra en continuo estudio de la calidad del aire y al tener un criterio técnico se puede implementar políticas de prevención que se ajustan a los principios rectores de la sostenibilidad y la Constitución de la República del Ecuador.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

General:

Evaluar la contaminación del aire mediante la caracterización de metales pesados en sólidos sedimentables de la ciudad de Riobamba

Específicos:

- Definir los puntos de muestreo significativo para la recolección de sólidos sedimentables.
- Categorizar los metales pesados presentes en los sólidos sedimentables recolectados según el grado de toxicidad.
- Determinar la variabilidad de sólidos sedimentables y metales pesados.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 Atmósfera

La atmósfera es una masa gaseosa envolvente de un espesor de 2000 km aproximadamente, su principal función es la de actuar como una capa protectora de la Tierra para que la vida pueda desarrollarse y el ozono contenido en ésta, impide que el amplio espectro de luz solar penetre completamente (Cocha Telenchana, 2009a: p. 18); otra función importante es la de regulador térmico moviendo masas de frío desde los polos, lluvia desde los océanos, calor desde los desiertos y trópicos, a veces es muy agitada con vientos mayores a 300km/h como el caso de los tornados y ciclones; todos éstas corrientes intervienen en las formas de vida animal y vegetal de la Tierra (Lozano, 2009, p. 20).

1.2 Composición

La atmósfera se encuentra constituida de nitrógeno, oxígeno y argón con valores aproximados de 78%, 21% y 1% respectivamente (Cocha, 2009b: p. 19), además de otros gases en cantidades pequeñas como helio, neón, criptón, xenón, hidrógeno y óxidos nitroso, los cuales no interactúan o interactúan poco con otras moléculas; por el contrario existen gases de igual manera en cantidades pequeñas pero que interactúan con la biosfera, la hidrósfera y entre ellos, estos tienen un tiempo de permanencia limitado y concentraciones variables (Strauss & Mainwaring, 2011a: p. 55)

Tabla 1-1 Composición del aire seco en la parte más baja de la troposfera (libre de vapor de agua)

Gases principales	Símbolo químico	Concentración (%)	Tiempo de residencia calculado
Nitrógeno	N ₂	73.0	Continuo
Oxígeno	O ₂	20.9	Continuo

Tabla 1-1 Continuación

Argón	Ar	0.93	Continuo
Dióxido de Carbono	CO2	0.032	20años
Gases raros (no reactivos)		Ppm	
Helio	He	5.2	Continuo
Neón	Ne	18.0	Continuo
Criptón	Kr	1.1	Continuo
Xenón	Xe	0.086	Continuo
Hidrógeno	H2	0.5	Desconocido
Óxido nitroso	N2O	0.25	8-10años
Gases reactivos			
Monóxido de carbon	CO	0.1	0.2-0.3años
Metano	CH4	1.4	Menor 2años
Hidrocarburos excepto el metano	HC	0.02	Desconocido
Oxido nítrógeno	NO	$2.0 \cdot 10^{-3}$	2-8 días
Dióxido de nítrógeno	NO2	$4.0 \cdot 10^{-3}$	2-8 días
Amoniaco	NH3	$20 \cdot 10^{-3}$	1-4 días
Dióxido de azufre	SO2	$0.03 \cdot 10^{-3}$	1-6 días
Ozono	O3	0.5	Desconocido

Fuente: (Orozco, et al., 2011a: pp. 95-96)

1.3 Capas de la Atmósfera

La atmósfera está dividida en regiones: tropósfera, estratósfera, mesósfera, termósfera o ionósfera y exósfera; cada región con sus características particulares de temperatura, densidad, energía de radiación solar, entre otras. El espacio comprendido entre región y región se denomina pausas las cuales permiten que la atmósfera se mezcle relativamente lento. (Cocha Telenchana, 2009c: pp. 21-22)

1.4 Contaminación del Aire

De manera general la contaminación del aire es la introducción de gases (compuestos químicos) o partículas (sólidos) en la atmósfera, de tal manera que puedan ser perjudiciales para la salud de los seres vivos y ecosistemas (Harrison, 2001a: p. 169). Sin embargo, según Paracelso para comprender que es la contaminación del aire es necesario conocer las características físicas, químicas y biológicas de un contaminante y además dos conceptos más, el primero la toxicología de la sustancia que está relacionada con la circunstancia de exposición y el segundo la dosis a la que se expone la persona. Estos conceptos refieren a que no toda sustancia puede ser considerada contaminante como por ejemplo el nitrógeno en el suelo es un nutriente esencial pero en el aire,

el nitrógeno al juntarse con otros compuestos forman el smog y además puede causar problemas respiratorios.

La contaminación del aire es de naturaleza química provocada por la actividad antropogénicas y las sustancias o compuestos contaminantes se vuelven un problema cuando entran en contacto con un cuerpo receptor (Vallero, 2008a: p. 10).

Según la Agencia de Protección Ambiental – EPA (EPA, 2016), menciona que algunos contaminantes del aire son tóxicos. Su inhalación puede aumentar las posibilidades de tener problemas de salud. Las personas con enfermedades del corazón o de pulmón, los adultos de más edad y los niños tienen mayor riesgo de tener problemas por la contaminación del aire. La polución del aire no ocurre solamente en el exterior: el aire en el interior de los edificios también puede estar contaminado y afectar su salud.

La contaminación del aire puede ser de dos formas:

1.4.1 Natural

Aquellas que provienen de procesos propios de la naturaleza, sin la intervención de la mano del hombre (Orozco, et al., 2011b: p. 100), podemos enumerar algunas como:

Tabla 2-1 Fuentes Naturales de contaminación atmosférica

FUENTES NATURALES DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	
Volcanes	Material particulado Óxidos de azufre
Vendavales	Polvo
Plantas en descomposición	Metano Sulfuro de Hidrógeno
Fuegos forestales	Monóxido de carbono Dióxido de carbono Óxidos de nitrógeno

Fuente: (Chalacán J., 2009, p. 31)

1.4.2 Antropogénica

Son el resultado de procesos realizados con la intervención de la mano del hombre. Éste tipo de contaminación se divide en dos grupos dependiendo de la fuente de la que proviene (Orozco, et al., 2011c: p. 101):

1.4.2.1 Fuente fija

Es cualquier instalación que opera en un solo lugar, es decir, su lugar de emisión es constante; este tipo de fuentes es común en plantas de energía, quemas a cielo abierto, industrias químicas, refinerías, fábricas, además de chimeneas domésticas.

1.4.2.2 Fuente móvil

Buses, trenes, barcos, aviones y otros medios de transporte son ejemplos de este tipo de fuente; es decir son aquellas fuentes que pueden moverse y emiten contaminantes a lo largo de su trayecto (Cantor C., 2013a: p. 38). Uno de los principales representantes de este tipo de fuente son los automóviles, que mayoritariamente se encuentran en las zonas urbanas, y producen compuestos como CO_x, y NO_x como producto de la combustión (SEMARNAT & INECC, 2014).'

1.5 Fuentes de contaminación del aire (Strauss & Mainwaring, 2011b: pp. 78-79)

- Refinación de petróleo
- Fundición de minerales no ferrosos
- Elaboración de hierro y acero
 - Producción de acero
 - Fundición de hierro
- Industria química y otros procesos industriales
 - Elaboración de ácido sulfúrico
 - Elaboración de fertilizantes
 - Secado de pintura
 - Elaboración de pulpa de papel
 - Elaboración de alimentos
 - Incineración de desechos
- Sistemas de combustión externa
- Sistema de combustión interna

1.6 Contaminantes Específicos del Aire

Los contaminantes pueden ser de dos tipos:

1.6.1 Primarios

Cuando el contaminante es expulsado directamente al aire, como en el caso de la combustión producida por los autos donde el gas es expulsado por el tubo de escape (Orozco, et al., 2011d: pp. 120-121).

- Óxidos de Azufre (SO_x)
- Óxidos de Nitrógeno (NO_x)
- Monóxido de Carbono (CO)
- Hidrocarburos (HC), Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) y Compuestos Orgánicos Semi Volátiles (COSVs)
- Partículas Suspendidas
- Otros: Amoníaco (NH_3), Sulfuro de Hidrogeno (H_2S), Halógenos (X_2), Dióxido de Carbono (CO_2), Monóxido de Dinitrógeno (N_2O), metales...

1.6.1.1 Dióxido de Azufre

Es un grupo de gases muy reactivos llamados de forma general como óxidos de azufre (SO_x) (Orozco, et al., 2011e, p. 122). El dióxido de azufre puede ser producido de forma natural como el caso de los volcanes (Cocha Telenchana, 2009d, p. 33), pero también una fuente principal es la combustión de combustibles fósiles que contienen azufre como el carbón y el fuel oíl mientras que el gas natural, la gasolina y el diésel tienen un contenido relativamente bajo de azufre (Harrison, 2001b: pp. 170-171).

Procesos como la combustión en los medios de transporte, la fundición de metales, procesos industriales y principalmente la producción de energía son fuente de emisiones de SO_2 (Schindler, 2016). Además el SO_2 está relacionado con algunos efectos adversos en el sistema respiratorio (Henry & Heinke, 1999, pág. 33).

1.6.1.2 Óxidos de nitrógeno

Los contaminantes de interés son el óxido nítrico (NO) y dióxido nitrógeno (NO_2), comúnmente llamados NO_x (Harrison, 2001c: pp. 179-182). Los NO_x pueden provenir de fuentes naturales y antropogénicas; naturales como las erupciones volcánicas, combustión vegetal o descomposición

bacteriana y de fuentes antropogénicas en procesos como de la soldadura, galvanoplastia, grabado de metales, producción de energía, combustión de carbono, combustión vehicular y uso de fertilizantes. Los NO_x reaccionan rápidamente con otras sustancias que se encuentren en el aire ambiente, por ejemplo el dióxido de nitrógeno al entrar en contacto con la luz, con los compuestos orgánicos volátiles y en otros casos con agua puede formar lluvia acida, ozono “malo” y smog (ATSDR, 2016).

1.6.1.3 Monóxido de Carbono

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro e inodoro, es un contaminante que se forma cuando el carbono de los combustibles no se ha quemado completamente (Romero T. & Vaca A., 2012, pp. 60-63), es un subproducto de la combustión vehicular por lo tanto es el responsable de un alto porcentaje de la contaminación en las zonas urbanas (Harrison, 2001d: pp. 182-184). Algunas fuentes de monóxido de carbono, según la EPA son: calentadores de queroseno y gas, calentadores de agua a gas, estufas de leña y chimeneas, cocinas de gas, generadores y otros equipos de motor a gasolina. Además el monóxido de carbono aporta a la formación del smog

1.6.1.4 Hidrocarburos

Los hidrocarburos son compuestos orgánicos que están constituidos por átomos de carbono e hidrógeno básicamente, dependiendo del número de átomos en la cadena y de los elementos químicos que se unan, los hidrocarburos tiene un nombre específico (Marcano M., 2009a: p. 60). Los hidrocarburos pueden estar presentes en la atmósfera en dos formas, dependiendo de su volatilidad o la presión del vapor; si los hidrocarburos se presentan como moléculas libres en la atmosfera, es decir son volátiles se denominan Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs), mientras que, si el hidrocarburo tiene una presión de vapor lo suficientemente baja como para que se pueda separar en fase gas y aerosol o PM, se los llama Compuestos Orgánicos Semi volátiles (COSVs), otro compuesto también semi volátil son Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) que son contaminantes orgánicos persistentes, es decir, son resistentes a la degradación, pueden permanecer en el ambiente por largos períodos de tiempo , y tienen la potencial de causar efectos ambientales adversos (Nevers, 2007a: p. 88).

Hay dos razones principales para el interés en las concentraciones de hidrocarburos en la atmósfera contaminada. La primera es la toxicidad directa de algunos compuestos, en particular benceno y 1,3-butadieno, los cuales son productos químicos carcinógenos. La segunda causa de preocupación con respecto a los hidrocarburos se debe a su papel como precursores de ozono fotoquímico. (Harrison, 2001e: pp. 184-185)

1.6.1.5 Partículas suspendidas

Las partículas suspendidas en el aire son uniones de moléculas iguales o diferentes contenidas en gases o vapores, la mezcla de partículas es de forma dinámica y siempre con la continua introducción de partículas más finas o pequeñas, para que una partícula permanezca suspendida en el aire o se sedimente dependerá de factores como la densidad, el tamaño y la forma (Vallero, 2008b: pp. 59-60). Las partículas en suspensión pueden ser diámetros que van de menos de $0.1 \mu m$ a una mayor de $100 \mu m$ y también de diversas naturaleza procedentes de sustancias tanto orgánicas como inorgánicas, diferente tiempo de residencia y toxicidad. Cabe recalcar que las partículas de tamaño comprendido entre 0.01 o 10 micrómetros son las que provocan problemas de contaminación del aire significativos (Orozco et al., 2011f: págs. 130-132).

Existen 3 tipos de formación de partículas:

1. El más pequeño se refiere a los núcleos transitorios, que son partículas muy pequeñas formadas por condensación de vapores calientes y partículas de gas resultantes de procesos de conversión (OMS, GUIA PARA LA CALIDAD DEL AIRE, 2004a: p. 9).
2. las partículas primarias de gases de los vehículos y partículas de ácido sulfúrico formado a partir de la oxidación SO_2 , se coagulan rápidamente con otras partículas finas y también con las partículas más gruesas que ya están en la atmósfera dando lugar a la formación de partículas con diámetros entre aproximadamente 100 nm y $2 \mu m$. (INECC, 2016a: p. 15)
3. las llamadas partículas gruesas, son en su mayoría tiene diámetros que se extienden desde $2 \mu m$ hasta cerca de $10 \mu m$. Ejemplo de este tipo de partículas es el polvo arrastrado por el viento, las salpicaduras de agua y las partículas volcánicas. (INECC, 2016b: p. 16)

1.6.1.6 Material particulado

El material particulado es el conjunto de partículas sólidas o líquidas que se disipa en el aire, se suspende en la atmósfera y se sedimenta en el suelo o cualquier estructura (Vallero, 2008b: pp. 59-60). Frecuentemente se denomina aerosol al material particulado (INECC, 2016c: p. 13).

Los principales componentes del material particulado atmosférico (MP) son sulfato, nitrato, amonio, ion hidrógeno, agua adherida a las partículas, carbono elemental, una gran variedad de compuestos orgánicos y elementos de la corteza terrestre (EPA, 2004). La mayoría de los estudios de especiación química del MP evidencian una dependencia entre composición química y tamaño de las partículas. Sulfato, amonio, ion hidrógeno, carbón elemental, componentes orgánicos secundarios, especies orgánicas primarias de quemadas y combustión y ciertos metales de transición son predominantes en la fracción fina del MP. Elementos de la corteza como calcio, aluminio,

sílice, magnesio, hierro y materia orgánica (polen, esporas, restos de plantas y animales) son predominantes en la fracción gruesa del MP. Nitrato y Potasio puede ser encontrado en ambas fracciones. (Quijano Parra, et al., 2010a: pp. 3-6)

El material particulado o aerosol se divide de acuerdo a su diámetro aerodinámico equivalente (DAE) en:

- **Muy fino:** con diámetro entre 0.01 μm - 0.1 μm

Este tipo de partículas al tener un diámetro aerodinámico tan pequeño, su tiempo de vida es corto por lo que para la subsistencia de la partícula se une por medio de nucleación (INECC, 2016d: p. 15).

- **Fino:** con diámetro entre 0.1 μm – 2.5 μm (PM 2.5)

Este tipo de partículas permanecen más tiempo en suspensión debido a su diámetro aerodinámico, además se considera la que este tipo de partículas son la fracción que los seres humanos podemos respirar (SEMARNAT & INECC, 2014). Son ejemplos de este tipo de material el polen, hollín, ceniza y su aporte principal es por parte de los vehículos a diésel, por lo tanto, este tipo de partículas es común en las zonas urbanas (Vallero, 2008c: p. 71).

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) el material particulado de diámetro de 2.5 μm se encuentra estrechamente relacionado con enfermedades cardíacas y pulmonares; además, este tipo de partículas junto con el ozono contenido en aire contaminado, son las responsables del deceso de 64 millones de personas en 2010.

Un estudio realizado en India denominado: Características físico-químicas de PM_{2.5}: de un grupo de casas con bajo, medio, y alto ingresos en Agra, India, estudio de caso, menciona que una persona puede pasar del 80% al 90% de tiempo en la vivienda por lo tanto, durante este período, se ven expuestos a una amplia gama de contaminantes de origen interior y exterior. Las fuentes de emisión de interior y los procesos de formación consisten en la desgasificación de los muebles, textiles, alfombras, materiales de construcción, procesos como la cocina, la calefacción, el tabaquismo, los residuos de cuidado personal, pesticidas y las actividades físicas interiores específicos, tales como limpieza, y caminando. En algunos casos de familias de escasos recursos que utiliza el carbón como fuente de energía primaria. El carbón contiene naturalmente F como impureza durante la combustión. Aparte de la combustión de carbón, algunas otras fuentes

también pueden contribuir a aumentar la F en el aire, es decir, la quema de incienso, pesticidas, insecticidas, hornos de ladrillos, abrillantadores de suelos, y algunos procesos de industrialización. (Ajay, 2014, pp. 1-9)

- **Grueso:** con diámetro entre 2.5 μm - 10 μm (PM 10)

Parte de este tipo de material particulado se considera el polvo de caminos, partículas procedentes de procesos industriales y procesos de combustión (Cantor C., 2013b: p. 23). Cerca de un 75 a 90% de metales como Cobre, Cadmio, Níquel, Zinc y Plomo se encuentran en la fracción de PM10. (Quijano Parra, et al 2010b: pp. 3-6)

Cualquier tipo de material particulado se debe sedimentar en la corteza terrestre o en medios acuosos; de esta manera tenemos dos tipos de deposiciones:

Deposición seca: puede producirse por sedimentación, es decir deposición gravitacional por impacto contra cualquier objeto (Nevers, 2007b: p. 101).

Deposición húmeda: las partículas pueden ser arrastradas por acción de la lluvia o nieve y que finalmente se deposita en la superficie terrestre (Nevers, 2007c: p. 101).

El material particulado además de los efectos adversos sobre la salud humana, son los responsables de la suciedad de los edificios y la pérdida de visibilidad. Las partículas en el aire, dispersan y absorben la luz y por lo tanto causan un deterioro de la calidad de la transmisión de imágenes a través de la atmósfera que se manifiesta como una pérdida de visibilidad. Los componentes de partículas en el aire que dan lugar a mayor interés en el contexto de la contaminación del aire tienden a ser metales traza y compuestos orgánicos. El interés en los metales traza se refiere principalmente a su potencial toxicidad (Harrison, 2001f: p. 173).

Los componentes orgánicos de las partículas atmosféricas de mayor interés, como contaminantes del aire, son los grupos semi-volátiles de compuestos que incluyen los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP), Bifenilos Policlorados (PCB) y Policlorados Dibenzo-dioxinas y dibenzo furanos (PCDD y PCDF). (Harrison, 2001g: p. 178)

Estudios de partículas de atmosféricas en zonas urbanas de países desarrollados han demostrado que su composición puede ser descrita en términos de tres componentes principales.

- Partículas de combustión que comprende principalmente fina (menos de 2.5 micrómetros de diámetro), partículas de carbono orgánico y elemental deriva principalmente del tráfico de vehículos por carretera
- Partículas secundarias principalmente de sulfato de amonio (o ácido sulfúrico) y nitrato de amonio predominantemente sin el rango de tamaño (menos de 2.5 micrómetro de diámetro);
- Partículas gruesas que surgen en gran parte de suelo y superficie de la carretera de polvo re suspendido por la actividad del tráfico y compuesta principalmente por componentes minerales inorgánicos. (Harrison, 2001h: p. 177)

1.6.2 Secundarios

Cuando los contaminantes reaccionan entre sí para dar como resultado un compuesto más tóxico o dañino, este proceso se da en la lluvia ácida donde varios compuestos interactúan entre sí (Orozco, et al., 2011g: p. 122).

- Ozono (O_3)
- PAN

1.6.2.1 Ozono

El ozono troposférico es un contaminante secundario, que no se libera directamente a la atmósfera, sino que es el resultado de varias reacciones, en donde se mezclan óxidos de nitrógeno (NOx) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) en presencia de luz (Marcano M., 2009b: p. 73), obteniéndose una niebla de color gris sobre las grandes ciudades. El ozono troposférico es el constituyente principal de smog fotoquímico. La topografía influye en la formación de smog fotoquímico por ejemplo el aire no circula de igual manera en una ciudad abierta que en un valle y la meteorología también influye, debido a que el aire caliente que está más cerca del suelo sube y con él lleva los contaminantes (Harrison, 2001i: p. 200)

1.6.2.2 PAN ($C_2H_3NO_5$)

Peroxiacetil Nitrato o también conocido como PAN es un contaminante secundario formado por la reacción de varias moléculas junto con la luz solar, es decir, forma parte del smog fotosintético (Harrison, 2001j: p. 204). El PAN está constituido por gases y material particulado, cuando el Peroxiacetil Nitrato se degrada por las altas temperaturas (en temperaturas bajas es estable) libera

COx, nitro metano, oxígeno y otros (OMS, GUIA PARA LA CALIDAD DEL AIRE, 2004b: p. 20).

1.6.2.3 Metales pesados

Se denomina metales pesados a los elementos químicos con densidades y pesos moleculares altos (Lenntech, BV, 2016), son parte de la en la corteza terrestre (SEMARNAT & INECC, 2014), los cuales pueden ser naturales como los presentes en partículas de sal marina, aerosoles volcánicos y antropogénicas como los que se encuentran en las emisiones de transportes, combustión de carbón, polvos minerales producto de su extracción; estos, entran en la naturaleza como contaminantes los cuales pueden presentarse como gases , aerosoles y formando parte de partículas, como el caso del material particulado (Bradl, 2005, p. 6).

Algunos metales pesados en cantidades pequeñas son esenciales para los seres humanos como el caso del Cobalto, Cobre, Manganeso, Zinc son esenciales algunas reacciones enzimáticas (Herbello H., 2007, p. 5), sin embargo en cantidades considerables puede ser peligrosos debido a que son bioacumulables y biopersistentes (Lenntech, BV, 2016), pueden producir enfermedades catastróficas e incluso la muerte, los más tóxicos para personas y animales son el Plomo y el Cadmio (M.Sc. Martinez V. et al., 2016).

1.7 Fuentes de emisión y efectos en la salud humana de los metales pesados en estudio

Tabla 3-1 Fuentes de emisión y efectos en la salud humana de los metales en estudio

METAL PESADO	FUENTES DE EMISION	EFECTOS EN LA SALUD HUMANA
Cadmio (Cd)	Combustión de carbón, residuos mineros, industria metálica (Contreras L. & Molero M., 2011). Fertilizantes de fosfato, detergentes y productos de petróleo refinados, pigmentos para pinturas, papel, caucho (Lenntech, BV, 2016). Pigmentos y estabilizadores en plástico y PVC, Galvanización (SEMARNAT & INECC, 2014).	Enfermedades cardiovasculares, gastrointestinales (Contreras L. & Molero M., 2011), Enfermedades renales, pulmonares, osteoporosis, hipertensión (Lenntech, BV, 2016)

Tabla 3-1 Continuación

Arsénico (As)	Minería, pesticidas y residuos químicos (Contreras L. & Molero M., 2011). Preservarte de maderas, pigmento en pinturas, fuegos artificiales, decolorante en la producción de vidrio. (Herbello H., 2007)	Tóxico y posiblemente cancerígeno (Contreras L. & Molero M., 2011)
Molibdeno (Mo)	Aleación en acero, fundición hierros, catalizadores, colorantes, lubricantes, inhibidores de corrosión, industria galvanoplástica (Bradl, 2005)	Solo en rumiantes produce raquitismo, diarrea, despigmentación del pelo, trastornos reproductivos (Bradl, 2005)
Plomo (Pb)	Combustión de gasolina, producción de pinturas, industria metalúrgica (Custodio M., 2006)	Tóxico, anemia, ataxia, insomnio, temblores. Enfermedad del riñón y sistema nervioso, gastrointestinal cardíaco y reproductivo (Custodio M., 2006) Convulsiones, obstrucción del funcionamiento celular normal (Rico M., Lopez C., & Jaimes F., 2001) Bioacumulación en huesos (hasta 20años) (Custodio M., 2006)
Cromo (Cr)	Aleaciones, industria de cromados, pigmentos en el curtido de cuero, en insecticida y fungicidas (Herbello H., 2007).	Posiblemente cancerígeno, enfermedades dermatológicas, respiratorias, de fertilidad y al riñón. (Herbello H., 2007)
Selenio (Se)	Combustión de carbón y petróleo (Contreras L. & Molero M., 2011)	Posiblemente cancerígeno y hemorragias nasales (Contreras L. & Molero M., 2011). Bioacumulables y produce afección al sistema nervioso. (Lenntech, BV, 2016)
Cobre (Cu)	Industria de tuberías de agua , techos, productos químicos, pigmentos, industria metalúrgica (Bradl, 2005)	Anemia, enfermedades del hígado, riñón, estomago e intestino. (Lenntech, BV, 2016)
Manganeso (Mn)	Minería, residuos industriales y aleaciones de metales (Contreras L. & Molero M., 2011)	Daños en el sistema nervioso, fiebre y neumonía (Contreras L. & Molero M., 2011)
Vanadio (V)	Combustión de carbón y petróleo (Contreras L. & Molero M., 2011)	Inhibición de formación de fosfolípidos (Contreras L. & Molero M., 2011)

Tabla 3-1 Continuación

Berilio (Be)	Combustión de carbón (Contreras L. & Molero M., 2011)	Toxicidad aguda y crónica, posiblemente cancerígeno y enfermedades pulmonares (Contreras L. & Molero M., 2011)
Níquel (Ni)	Combustión de carbón, aditivos de la gasolina y catalizadores (Contreras L. & Molero M., 2011)	Cáncer de pulmón, enfermedades dermatológicas, Jaquecas y nauseas (Contreras L. & Molero M., 2011). Problemas del corazón e hígado. (Lenntech, BV, 2016)
Aluminio (Al)	Procesos de soldadura, procesos de lacado, industria metalúrgica (Bradl, 2005) Fuegos artificiales (ATSDR, 2016)	Afecciones renales y neurotóxico (Sarkar, 2002) Problemas respiratorios y del sistema nervioso (ATSDR, 2016)
Cobalto (Co)	Industria Metalúrgica, de cerámicas, de vidrios y de pinturas (Bradl, 2005)	Enfermedades pulmonares, cardíacas, dérmicas y hepáticas (ATSDR, 2016)
Plata (Ag)	Existe la posibilidad de encontrar en sitios de desechos peligrosos, además la erosión natural de las rocas y procesos de soldadura (ATSDR, 2016)	Enfermedades respiratorias, irritaciones de la piel (ATSDR, 2016)
Bario (Ba)	Empresas de fabricación pinturas, ladrillos, cerámicas, vidrio y caucho, combustión de carbón y petróleo (ATSDR, 2016)	Debilidad muscular, hipertensión, problemas gastrointestinales y pulmonares (ATSDR, 2016)

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

1.8 Sólidos sedimentables en la ciudad de Riobamba

Los metales pesados se encuentran asociados a los dos tipos de material particulado, es decir al PM10 y al PM2.5, sin embargo, el más perjudicial para la salud humana es el diámetro aerodinámico 2.5 e inferior (García Lozada, 2006, p. 69), las cuales se ubican en la tráquea, bronquios, bronquiolos y pueden llegar hasta los alveolos pulmonares (Díaz Suárez & Páez Pérez, 2006, p. 310).

Son reconocidos a nivel internacional como material particulado sedimentable integrado por partículas superiores a 10 μm mismos que son depositados a la corteza terrestre y sistemas lacustres por deposición seca y húmeda con influencia directa de la lluvia y el viento;

predominando los tipos de texturas del suelo, su % de materia orgánica y particularmente para la ciudad de Riobamba con dominio de caída de ceniza al localizarse a 40 Km del Volcán Tungurahua actualmente en actividad.

1.9 Toxicantes en sólidos sedimentables

La toxicidad hace referencia al daño que puede causar en los seres vivos ciertos compuestos de tipo inorgánico que son difíciles de degradar, la toxicidad está en función de la concentración del contaminante y el tiempo de exposición (Moreno Grau, 2003a: p. 98).

A la concentración del contaminante que ha sido ingerida, inhalada o ha tenido contacto con la piel se denomina: dosis. (ATSDR, 2009).

Los toxicantes pueden ingresar al cuerpo de tres formas: inhalación, digestión y contacto dérmico.

Inhalación: los contaminantes en forma de gases o partículas suspendidas ingresan al cuerpo mediante la respiración, el cual se considera el medio más rápido y de fácil absorción debido a que el recubrimiento del sistema respiratorio no es tan fuerte como para que no se absorban las sustancias tóxicas (Moreno Grau, 2003b: p. 102).

Varias enfermedades están relacionadas con la inhalación de humos y vapores de metales y sus compuestos, ejemplo de esto es, fumar cigarrillo, el cual contiene Cadmio o estar expuesto a Óxido de Cadmio (producto de la fabricación de vidrio o en procesos de galvanoplastia), en donde las partículas finas son capaces de llegar hasta los alveolos pulmonares produciendo edemas y enfisemas pulmonares. Otra enfermedad producida por la inhalación de metales es la Beriliosis, producto de la respiración de partículas de polvo de Berilio. (Wright & Welbourn, 2002a: pp. 24-25).

Ingestión: La ingestión de tóxicos es generalmente accidentalmente. Cuando se ha ingerido un alimento contenido con sustancias tóxicas los efectos que esto conlleva depende de factores como la concentración del tóxico en el órgano que lo absorbió que puede ser a lo largo de toda la longitud del sistema digestivo, desde la boca hasta el recto, pero mayoritariamente la absorción se produce en el intestino delgado, la forma química y física; y cuánto tiempo permanece éste en el organismo (Wright & Welbourn, 2002b: pp. 76-78). Cuando se ha ingerido un tóxico existen dos formas en la que puede permanecer dentro del organismo: translocación es cuando se traslada de un órgano a otro o de un tejido a otro; y biotransformación cuando un tóxico se combina con otro elemento y forma un nuevo compuesto (Moreno Grau, 2003c: p. 105).

Vía cutánea: es la forma más común de absorción de un compuesto tóxico. Se cree que es la segunda vía de exposición más importante, después de la inhalación. Un agente tóxico debe ser liposoluble y/o hidrosoluble para que se pueda absorberse, las manos, brazos y la cara son las zonas más expuestas al contacto con tóxicos (Moreno Grau, 2003d: p. 104).

Los metales pesados contenidos es los sólidos sedimentables son:

1.9.1 Cadmio (Cd)

El cadmio está en el aire como partículas o como vapores resultante de procesos con altas temperaturas, este puede ser arrastrado largas distancias y sedimentarse en medios acuosos o secos (ATSDR, 2016). La ingesta de cadmio se da por medio de alimentos contaminados, mientras que, se puede inhalar en procesos industriales que lo liberen; por inhalación la toxicidad puede ser aguda o crónica (Rojas L., 2008, p. 5).

1.9.2 Arsénico (As)

El arsénico es un metal, que de forma orgánicas está en el suelo y en los minerales pero también puede ser de forma inorgánica, como el que se encuentra en mayoritariamente en la industria maderera (tratamiento), la exposición a este elemento químico, puede ser por inhalación o por ingesta (ATSDR, 2016), por ejemplo consumo de agua o alimentos contaminados y consumo de tabaco, ya que esta planta absorbe mucho el arsénico de las aguas subterráneas (OMS, Metales pesados, 2012).

Según la OMS no es muy tóxico y los mayores problemas a la salud humana se dan por vía digestiva produciendo enfermedades cardiovasculares, cutáneas, neurotóxicas e incluso cáncer.

1.9.4 Plomo (Pb)

La OMS hace referencia que al menos 143 mil vidas por año se pierden a causa de la exposición al plomo, por lo que, se le incluyó en la lista de los diez productos químicos que provoca problemas de salud pública graves, en adultos enfermedades, tales como: hipertensión arterial y lesiones renales; en niños afecta al desarrollo del cerebro y sistema nervioso central y en embarazadas produce abortos, partos prematuros y muerte fetal; cabe recalcar que el plomo, se acumula en los dientes y en los huesos.

1.9.5 Cromo (Cr)

El cromo se utiliza en procesos como: el cromado, las aleaciones con hierro y níquel para producir acero inoxidable, en el mantenimiento de maderas, en productos anticorrosivos y en la fabricación de vidrios (Nordberg, 2005a: p. 56). El cromo al ser inhalado puede producir irritación y sangrado de nariz, además problemas en el estómago, riñón, hígado, cáncer de pulmón y muerte (Lenntech, BV, 2016).

1.9.6 Selenio (Se)

El selenio está presente en las rocas y suelo de todo el mundo, es inofensivo para los seres humanos, sin embargo sus compuestos pueden ser altamente tóxicos; dependiendo de la vía de exposición producen diferentes enfermedades, por ejemplo por inhalación produce edema pulmonar, por ingestión presenta problemas intestinales y por vía dérmica origina lesiones cutáneas graves (Nordberg, 2005b: p. 62).

1.9.7 Cobre (Cu)

Según la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades el cobre puede estar presente en el ambiente por fuentes naturales como los volcanes, vegetación en descomposición e incendios forestales y fuentes antropogénicas como actividades agrícolas, manufactureras y mineras, adicionalmente según la EPA el cobre no se puede clasificar como sustancia carcinógena.

1.9.8 Manganeso (Mn)

Según Gunnar Nordberg la vía de exposición del manganeso puede ser cutánea, inhalación y digestiva, distribuyéndose principalmente en el hígado, riñones, intestino delgado y huesos.

1.9.9 Vanadio (V)

El Vanadio es un metal utilizado en la fabricación de acero, caucho, plásticos cerámica, algunos productos químicos y también en los combustibles derivados del petróleo (Intoxicación por Vanadio, 2016), además el humo del cigarrillo incluye valores mínimos de éste metal (ATSDR, 2016). Los efectos tóxicos del vanadio depende de factores como la concentración en la atmósfera y la duración de la exposición, lo cual en términos generales puede producir bronquitis y la lengua puede cambiar a color verde. El corazón, pulmón, hígado, bazo, huesos y testículos son los lugares donde se puede acumular el Vanadio (Nordberg, 2005c: p. 68).

1.9.10 Berilio (Be)

La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades menciona el Berilio está presente en el ambiente por la quema de carbón, quema de aceite de combustible, además por erosión de rocas, erosión de suelo y erupciones volcánicas; el Berilio se une a las partículas de polvo por ejemplo para poder sedimentarse, en el agua no se disuelve ni tampoco se bioacumula.

1.9.11 Níquel (Ni)

Se encuentra en la naturaleza como contenido de la ceniza volcánica (ATSDR, 2016). La exposición al Níquel puede producir tres tipos de afecciones al ser humano: alergias, enfermedades respiratorias y cáncer (Nordberg, 2005d: p. 65).

1.9.12 Aluminio (Al)

Las personas pueden entrar en contacto con el Aluminio por vía respiratoria, cutánea y digestiva, en mínimas cantidad en cualquier caso (Nordberg, 2005e: p. 75). Según la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, para la valoración del aluminio en el aire depende de características como: las condiciones climáticas, donde está ubicada la ciudad y el nivel industrial en su alrededor

1.9.13 Cobalto (Co)

Este metal puede estar presente en el aire por los procesos industriales pero también por erupciones volcánicas e incendios forestales. El cobalto siempre debe agregarse a una partícula de polvo para poder subsistir por algunos días, es por eso que en algunos suelos cercanos a carreteras o aeropuertos se puede encontrar concentraciones altas de este. Las plantas pueden acumular cantidades pequeñas de cobalto en sus frutos y semillas, sin embargo este no se biomagnificará en la cadena alimenticia. Una persona puede estar expuesta a cobalto cuando respira pero en mínimas cantidades, mientras que por ingesta es la mayor proporción o por vía cutánea al manipular tierra contaminada (ATSDR, 2016).

1.9.14 Plata (Ag)

La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades menciona que las sales solubles de Plata son letales en concentraciones de hasta 2 gramos, si existe contacto con la piel la puede irritar, mientras que en los ojos produce daños graves en la córnea, si se inhala por tiempos mínimos, puede producir irritación respiratoria mientras que en tiempos prolongados

puede producir somnolencia, espasmo, coma y hasta la muerte, en cuanto a la ingestión de plata produce molestias gástricas, si ha sido tragado el compuesto conduce a la neumotitis química produciendo la muerte. Los mayores daños se producen en los riñones, pulmones, corazón, hígado y cerebro.

1.9.15 Bario (Ba)

Se encuentra en la naturaleza en piedra caliza y arsénica (Adam Sigler & Bauder, 2000). Para que los compuestos de Bario permanezcan en el ambiente dependerá de la naturaleza de ellos, así por ejemplo el Sulfato de Bario y Carbonato de Bario son persistentes por largos periodos de tiempo (ATSDR, 2009). El Bario puede ingresar a nuestro cuerpo por las tres vías de exposición: inhalación, digestión o contacto dérmico (Lenntech, BV, 2016).

1.10 Destino de los contaminantes

Gran parte de los contaminantes alcanzan el agua subterránea o superficial ya que las industrias eliminan estos contaminantes en forma de líquidos, las escorrentías, la lluvia y el aire también son medios de transporte de los compuestos tóxicos. (Orozco et al., 2011h: p. 200)

La persistencia del contaminante depende de muchos factores como: la forma física: solución, dispersión coloidal o suspensión; la forma química: estado de oxidación, ion metálico o ion complejo; como ya se ha dicho depende la interacción entre los compuestos para que se vuelva más o menos tóxico y por lo tanto su degradación será mucho más difícil (Wright & Welbourn, 2002c: pp. 98-99).

La estabilidad de los metales permite que sean llevados a largas distancias por el aire y que más niveles de la cadena trófica sean perjudicados por el contaminante, sin embargo mucho dependerá también de la biodisponibilidad del metal en el ambiente y de la capacidad de bioacumulación del ser vivo para que la sustancia traiga peligro a la salud (Orozco et al., 2011i: p. 198).

CAPÍTULO II

2. Marco metodológico

2.1 Tipo de estudio

Transversal: la investigación está planteada como el análisis de metales pesados en sólidos sedimentables la cual posee un periodo específico de muestreo y obtención de resultados.

Descriptiva: se evalúa y cualifica la presencia de metales pesados para dar a conocer los posibles efectos sobre la población urbana de Riobamba en un periodo de tiempo determinado

Cuantitativa y Cualitativa: en la investigación se tiene en cuenta las actividades antropogénicas de la ciudad, además tomamos metodologías ya concebidas en la recolección, tratamiento y análisis para la obtención de resultados, los cuales se podrán relacionar entre ellos, obtener porcentajes y deducir la causa – efecto

2.2 Metodología (modificada) de identificación y evaluación de riesgos para la salud en sitios contaminados. (DIAZ, 2015)

Fases de la metodología de la OPS/OMS (MODIFICADA)

- Selección aleatoria de los puntos de muestreo
- Listado
 - Identificaciones de los sitios peligrosos
- Inspección
 - Descripción de los sitios peligrosos
 - Tipos de contaminantes
- Puntos de Exposición

2.3 Metodología de Bergerhoff para la toma de muestras de sólidos sedimentables.
(CORLETO & CORTEZ, 2015, pp. 25-26)

- Lavar el recipiente recolector de 4L con agua y detergente y enjuagar con agua destilada
- Etiquetar los recipientes y mantenerlos en condiciones estables.
- Colocar los frascos en los puntos de muestreo
- Dejar el recipiente expuesto al aire ambiente por un mes.
- Retirar el recipiente después de un mes, procurando que sea a la misma fecha siempre.
- Colocar en el mismo lugar el recipiente para la siguiente toma de muestra, repitiendo el mismo proceso por los meses de muestreo.

2.4 Método gravimétrico para la obtención de sólidos sedimentables.
(Método APHA 2540 SOLIDS) (STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER, 2015)

- Pesar con exactitud 2 g de muestra en un platillo de aluminio perfectamente seco, extendiendo la muestra en una capa lo más fina posible sobre la base del platillo.
- Colocar el platillo con su contenido en estufa a 105°C por 30 minutos.
- Retirar el platillo, enfriar en desecador y pesar.
- Volver a colocar el platillo en la estufa y desecar nuevamente durante otros 5 minutos. Retirar, enfriar y pesar.

2.5 Metodología para el análisis de metales mediante Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP) (INORGANIC VENTURES, 2015)

- Para la determinación de analitos recuperables totales en muestras sólidas, se homogeniza totalmente y se transfiere una parte (> 20 g) para tarar el plato de pesaje, pesar la muestra y registrar el peso húmedo (WW). (Para muestras con <35% de humedad una porción 20 g es suficiente. Para muestras con humedad > 35% una alícuota mayor 50-100 g es requerido.)

Secar la muestra 60 ° C y registrar el peso en seco (DW) para el cálculo de porcentaje de sólidos. (La muestra se secó a 60 ° C para evitar la pérdida de mercurio y otros posibles compuestos metálicos volátiles, para facilitar tamizado, y para preparar la muestra para molienda.)

- Para lograr la homogeneidad, se tamiza la muestra seca usando una malla de 5- tamiz de polipropileno y moler en un mortero. (El tamiz, mortero y malla deben limpiarse entre muestras.) El material molido seco se pesan con precisión un representante de $1,0 \pm 0,01$ g de alícuota (W) de la muestra y transferir a un vaso de precipitación de 250 ml para la extracción de ácido
- Calentar la muestra suavemente durante 30 minutos, evitando la pérdida del HCl-H₂O.
- Permitir que la muestra se enfríe y transferir el extracto a un 100 ml matraz volumétrico. Diluir el volumen con agua y mezclar.
- Dejar que la solución reposar durante la noche para separar material insoluble o centrifugar. El extracto de la muestra ya está lista para el análisis. Todos los análisis deben realizarse tan pronto como sea posible después de la preparación completada.

Tabla 4-2 Metales pesados y método EPA de análisis

Metal pesado	Método
Cadmio	EPA-200.7
Arsénico	EPA-200.7
Molibdeno	EPA-200.7
Plomo	EPA-200.7
Cromo	EPA-200.7
Plata	EPA-200.7
Selenio	EPA-200.7
Cobre	EPA-200.7
Manganeso	EPA-200.7
Vanadio	EPA-200.7
Níquel	EPA-200.7
Berilio	EPA-200.7
Aluminio	EPA-200.7
Bario	EPA-200.7
Cobalto	EPA-200.7

Fuente: EPA

2.6 Metodología para el análisis de datos mediante el software SPSS

2.6.1 Chi Cuadrado

Esta prueba estadística consiste en determinar si existe una relación entre dos variables categóricas, pero sin determinar el grado o el tipo de relación.

2.6.2 Análisis de normalidad y varianzas (ANOVA)

Se utiliza este método de análisis estadístico para conocer si existe diferencias significativas en la acumulación de los diferentes metales con respecto a las estaciones o puntos de monitoreo.

2.6.3 Análisis factorial

Es el método estadístico de reducción de datos, donde a partir de un conjunto grande de variables puede encontrar grupos homogéneos, los cuales están formados por variables que se correlacionan. La finalidad de este método es encontrar un número mínimo de variables que expliquen gran parte de la información.

CAPÍTULO III

3. Resultados

3.1 Selección de sitios de muestreo

La selección de sitios de muestreo se hizo de forma aleatoria, de una lista de 10 lugares a lo largo de toda la ciudad, se escogió 6, debido a que, se consideró que son zonas conflictivas por diversos motivos como la presencia de microempresas metalúrgicas, metalmecánicas, otros lugares presentan gran cantidad de movimiento vehicular como el caso de los terminales de autobuses o las salidas de la ciudad, los lugares seleccionados servirán para el monitoreo de la calidad del aire durante los meses de enero a mayo.

Los lugares escogidos para el monitoreo son:

- Avenida Pedro Vicente Maldonado y avenida Leónidas Proaño (sector media luna), **coordenadas:** (17 M 756451.00 m E, 9816879.00 m S).
- Avenida Canónigo Ramos (sector puerta ESPOCH), **coordenadas:** (17 M 759413.00 m E, 9816583.00 m S).
- Asociación de Municipalidades del Ecuador (AME), **coordenadas:** (17 M 758913.00 m E, 9816966.00 m S).
- Avenida Carlos Zambrano y avenida Gonzalo Dávalos (La Cerámica), **coordenadas:** (17 M 760821.00 m E, 9816140.00 m S).
- La Merced (mercado), **coordenadas:** (17 M 761441.00 m E, 9814828.00 m S).
- Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba (EP-EMAPAR), **coordenadas:** (17 M 762220.00 m E, 9813707.00 m S).

3.1.1 Descripción de las zonas

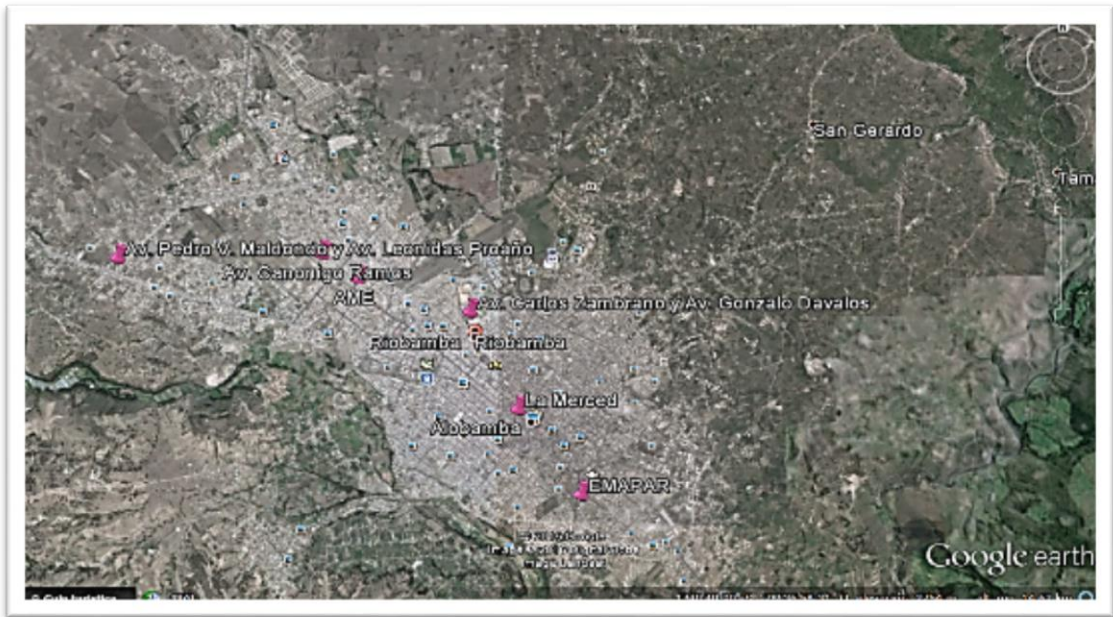


Figura 1-3 Puntos de monitoreo en la ciudad de Riobamba

Fuente: Google Earth

- **Avenida Pedro Vicente Maldonado (sector media luna)**

Coordenadas: (17 M 756451.00 m E, 9816879.00 m S).



Figura 2-3 Punto de monitoreo estación avenida Pedro Vicente Maldonado

Fuente: Google Earth

La av. Pedro Vicente Maldonado, parroquia Lizarzaburu, se ubica en la salida sur de la ciudad, formando parte de la Circunvalación. La zona tiene afluencia de transporte interprovincial para el

sur del país y transporte intercantonal para algunos sectores de la provincia de Chimborazo. Las viviendas del sector son unifamiliares con al menos dos pisos y con servicio de renta de locales comerciales. La av. Leónidas Proaño y av. Pedro Vicente Maldonado están construidas con hormigón rígido el cual se encuentra en buen estado, algunas calles aledañas al sector son de tierra y también encontramos algunos terrenos vacíos. Los recipientes para recolectar la muestra se encuentran ubicados en la terraza de una casa que en su primer piso tenemos una farmacia “Cruz Azul”; de este a oeste encontramos: una fábrica de bloques, CELEC EP subestación Riobamba, 3 mecánicas automotrices, estación de servicio “PRIMAX”, taller de enderezamiento, tiendas de víveres, almacén de auto lujos, servicio de renta de autos, panadería, ventas ambulantes, restaurantes, almacén de productos de belleza; de sur a norte tenemos: microempresa de aluminio y vidrio, almacén de abastos, 3 taller de enderezamiento y pintura, 3 mecánica automotriz, 4 lavadoras y lubricadoras, venta de auto lujos, reencachadora, vulcanizadora. (ANEXO A)

- **Avenida Canónigo Ramos (sector puerta ESPOCH)**

Coordenadas: (17 M 759413.00 m E, 9816583.00 m S).



Figura 3-3 Punto de monitoreo estación avenida Canónigo Ramos

Fuente: Google Earth

Se ubica al Noroeste de la ciudad, en la parroquia Lizarzaburu, extendiéndose desde el sector de la 24 de mayo hasta el terminal interprovincial, es una avenida de 4 carriles relativamente nueva,

construida con pavimento, es de alta circulación ya que es una de las entradas a la ciudad, adicionalmente tenemos el terminal intercantonal y la entrada a la ESPOCH. El lugar de muestreo se encuentra cerca a la entrada de la ESPOCH, en una casa de dos pisos. En el sector tenemos viviendas unifamiliares, departamentos y mini departamentos de arriendo para estudiantes, restaurantes, ferreterías, farmacias, carpintería, mueblerías, vulcanizadora y tiendas de abastos todo esto sobre la avenida Canónigo Ramos, en los pasajes sin nombres tenemos algunos terrenos vacíos, calles de tierra y casas en construcción. (ANEXO B)

- **Asociación de Municipalidades del Ecuador (AME)**

Coordenadas: (17 M 758913.00 m E, 9816966.00 m S).



Figura 4-3 Punto de monitoreo estación AME

Fuente: Google Earth

Se ubica al Noroeste de la ciudad, en la avenida Canónigo Ramos y avenida Teófilo Sáenz, el sector es relativamente nuevo, con viviendas familiares de dos o tres pisos, las calles y avenidas del sector son pavimentadas y algunas son adoquinadas, el sector no es tan comercial sin embargo tenemos: panadería, tiendas de abastos, empresa de transporte turístico, los lugares más concurridos son el parque Sesquicentenario, UE. Camilo Gallegos, UE. A distancia Chimborazo y Escuela Lingüística Britania ubicados en la avenida Canónigo Ramos, adicionalmente tenemos

la circulación de transporte público masivo (buses) y congestión vehicular especialmente en la hora de entrada y salida de las unidades educativas cercanas. (ANEXO C)

- **Avenida Carlos Zambrano y avenida Gonzalo Dávalos (sector La Cerámica)**

Coordenadas: (17 M 760821.00 m E, 9816140.00 m S)



Figura 5-3 Punto de monitoreo estación La Cerámica

Fuente: Google Earth

El sector forma parte de la parroquia urbana Velasco, ubicada al Noreste de la ciudad. El lugar de muestreo es en una casa de dos pisos ubicada aproximadamente a 120m en diagonal de la chimenea de la Fábrica de Ecuacerámica. El sector es netamente habitacional con presencia de casas, departamentos y conjuntos habitacionales como “Condominios Los Pinos”, una pocas microempresas, tales como: sobre la calle Carlos Zambrano, tenemos una peluquería, una mecánica y un restaurante; sobre la avenida Gonzalo Dávalos, existe una tienda de mascotas y venta de baldosas, además de la Unidad Educativa “STAR” y la Fundación “M.A.R.C.O.”. Las calles y avenidas del sector se encuentran en buen estado y no tenemos presencia de terrenos vacíos. Las calles y avenidas del sector, no son de mucha circulación, tan solo en las horas pico de entrada y salida de los estudiantes del STAR.(ANEXO D)

- **La Merced (Mercado)**

Coordenadas: (17 M 761441.00 m E, 9814828.00 m S).

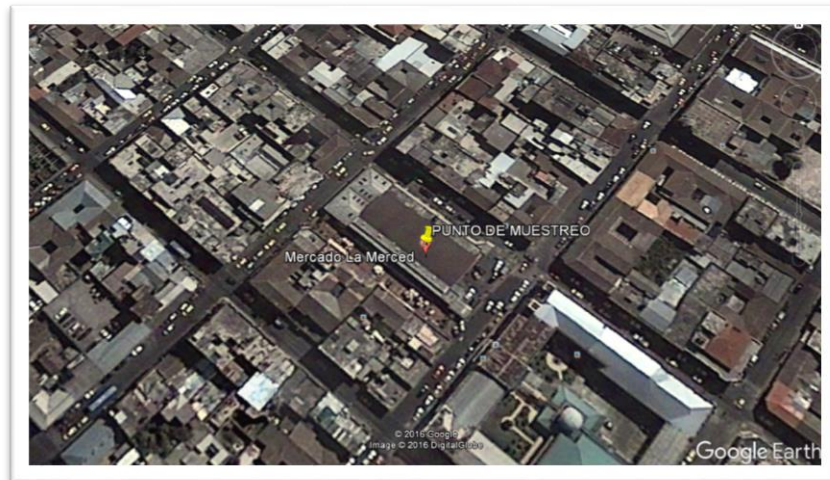


Figura 6-3 Punto de monitoreo estación La Merced

Fuente: Google Earth

Se ubica en el centro de la ciudad, en las calles Guayaquil entre Colón y Espejo, formando parte de la parroquia Lizarzaburu. Es una de las zonas más comerciales de la ciudad, por lo tanto, la circulación vehicular y peatonal es alta. Existen pocas familias que viven en lugar, debido a que la mayoría de casa están destinadas a locales comerciales tales como: librerías, panaderías, bazares, tiendas de bastos, pasajes comerciales, restaurantes, supermercados, farmacias, locales de venta de ropa, venta de celulares, venta de electrodomésticos, venta de plásticos, venta de juguetes, ventas ambulantes de todo tipo, además de la U.E. María Auxiliadora, todo estos lugares ubicados sobre la calle Guayaquil; mientras que, sobre la calle Colón tenemos cooperativa de ahorro y crédito, venta de celulares, restaurantes, venta de ropa y accesorios, joyería y relojería, panaderías, estudio fotográfico, farmacias, supermercados, venta de electrodomésticos, accesorios para fiestas infantiles, venta de cárnicos, local de lavado en seco y ventas ambulantes; adicionalmente sobre la calle Espejo existe tienda de mascotas, óptica, venta de ropa, ferretería, restaurante y heladería, venta de accesorios para mujer, venta de computadoras, venta de periódico, librerías, ventas ambulantes, entre los lugares que congregan más cantidad de gente tenemos: U.E. San Vicente de Paul, Universidad San Francisco de Quito, Correos del Ecuador,

Iglesia y casa parroquial “La Merced”. Todas las calles del sector son pavimentadas y se encuentran en buen estado. (ANEXO E)

- **Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba (EP-EMAPAR)**

Coordenadas: (17 M 762220.00 m E, 9813707.00 m S).



Figura 7-3 Punto de monitoreo estación EMAPAR

Fuente: Google Earth

Se encuentra ubicada en la ciudadela Politécnica, en la avenida Juan Félix Proaño y Londres, al suroeste de la ciudad. La zona tienen gran actividad comercial debido a la presencia de entidades públicas como: EP-EMAPAR, Dirección de Higiene, Salubridad y Ambiente del GADM Riobamba, Subsecretaria de Demarcación Demográfica y Hospital Provincial General Docente Riobamba, por lo tanto, el tránsito vehicular es alto, con circulación de transporte privado y público masivo, adicionalmente cabe mencionar que, las calles y avenidas del sector se encuentran en buen estado. Sobre la avenida Juan Félix Proaño tenemos locales comerciales como: tiendas de abastos, farmacias, panaderías, venta de frutas y vegetales, vulcanizadora, mecánica y restaurantes. Detrás del lugar de muestreo tenemos un sector netamente de viviendas familiares, con un parque como zona recreacional y con una Unidad de Policía Comunitaria, mientras que, a pocas cuadras tenemos la Unidad Educativa Fe y Alegría. (ANEXO F)

3.1.2 Identificación de los sitios peligros - Listado

- Metal mecánicas
- Industrias madereras
- Talleres de enderezamiento y pintura
- Talleres de fibra de vidrio
- Fábrica de aluminio y vidrio
- Empresa de niquelados y cromado
- Fábrica de embutidos
- Construcción de carrocerías
- Terminal intercantonal
- Terminal interprovincial
- Empresa productora de cal viva e hidratada
- Fábrica de hormigones
- Fábrica de madera
- Fábrica de hornos
- Fábrica de cerámica
- Fábrica de tuberías

3.1.3 Inspección - Descripción de sitios peligrosos

- El sector de La Media Luna (avenida Leónidas Proaño y avenida Pedro Vicente Maldonado) es una zona muy comercial, con presencia de microempresas alimenticias (venta de abastos y restaurantes), metal mecánicas, mecánicas automotrices, aserraderos, fábrica de bloques, farmacia, gasolineras, entre otros; además la presencia de gran cantidad de vehículos interprovinciales e intercantonales ya que es la única salida al sur del país. En este sector se evidencia la presencia smog como resultado de la combustión vehicular y el ruido que mencionado por los moradores del sector es hasta las 1am por la circulación vehicular.
- Terminal interparroquial (avenida Canónigo Ramos) sin duda es una zona con considerable emisiones a la atmosfera debido a la presencia de buses, además la avenida Canónigo Ramos es una vía de alta circulación por la entrada vehicular y peatonal a la ESPOCH, la cual cuenta con aproximadamente 13.000 estudiantes; y la zona se encuentra en constante desarrollo habitacional por la afluencia de estudiantes.

- AME (avenida Canónigo Ramos) el sector se encuentra cerca de varias instituciones educativas como U.E. Anda Aguirre, U.E. Riobamba, U.E. Chimborazo, Instituto Lingüístico Cambridge, por lo que la circulación vehicular es inminente, también tenemos el parque Sesquicentenario, el cual tiene gran afluencia en cualquier hora y es una zona residencial.
- Mercado Mariano Borja “La Merced”, es uno de los más importantes y reconocidos mercados de la ciudad, que se ubica en la zona céntrica limitado por la calle Guayaquil, la cual es una de las calles importantes de la ciudad lo que conlleva a que la presencia vehicular sea alta no solo por la visita al mercado sino por la presencia de la U.E María Auxiliadora, la Universidad San Francisco de Quito, locales comerciales, supermercados, cooperativa de ahorro y crédito y la visita de iconos importantes de la ciudad como la Iglesia de La Merced y El Reloj Público (edificio de los Correos del Ecuador)
- La Cerámica: es una de las empresas más grandes de Riobamba, su planta de producción trabaja las 24 horas del día por lo que se puede evidenciar las emisiones a la atmósfera procedentes de sus chimeneas, la fábrica se encuentra en una zona residencial de la ciudad compuesta por viviendas unifamiliares y multifamiliares como el caso de los condominios Di Donato y las villas de los militares, con pocos locales comerciales a su alrededor, pero sí con lugares que congrega gran cantidad de personas como es la U.E. Santo Tomas Apóstol, B.C.B. Galápagos, Hospital de la Brigada y U.E Combatientes de Tapi. A decir de los moradores del sector la cantidad de “polvo” dentro de las casas es grande y las continuas enfermedades respiratorias.
- EP-EMAPAR: se ubica al sur de la ciudad, con afluencia vehicular debido a que se ubica cerca de la avenida Circunvalación, frente tenemos al Hospital General Docente, a pocas cuadras la escuela Fe y Alegría, la ciudadela Politécnica y su espacio recreacional. Por el sector encontramos microempresas como mecánicas industriales, farmacias, restaurantes, papeleras, tiendas de abastos, entre otros; además de canchas sintéticas de fútbol las cuales tienen gran acogida especialmente los fines de semana.

3.1.4 Tipos de contaminantes

Nombre de la empresa: Industria de la cerámica

Tabla 1-3 Materiales de la industria de la cerámica

Materiales			
Entrada		Salida	
Arcillas	Al ₂ O ₃	MP SO ₂ NO _x HC CO COVS	MP
	2SiO ₂		
	H ₂ O		
Feldespato	Potásico KAlSi ₃ O ₈ ,		
	Albita NaAlSi ₃ O		
	Amortita CaAl ₂ Si ₂ O		
Caliza (CaCO ₃),			
Caolines (Al ₂ O ₃ · 2SiO ₂ · 2H ₂ O),			
Bentonita (Si 4 (Al (2-x) Rx) 010 (OH)2).			
B ₂ O ₃	CeO ₂		
PbO	ZrO ₂		
Na ₂ O	Bi ₂ O ₃		
K ₂ O	CdO		
Li ₂ O	FeO – Fe ₂ O ₃		
ZnO	NiO		
CaO	P ₂ O ₅		
BaO	CoO		
MgO	CuO		
SON ₂	Talco		
TiO ₂	Fluorita		
		POR HORNOS INDUSTRIALES	CERÁMICAS

Fuente: AME - Estudio de potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador - capítulo 24

Nombre de la empresa: Fábrica de embutidos

Tabla 2-3 Materiales fábrica de embutidos

Materiales		
Entrada	Salida	
Ganado vacuno	MP	NO _x
Ganado porcino	SO ₂	HC
	CO	
	POR PRODUCCIÓN DE ENERGIA	

Fuente: AME - Estudio de potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador - capítulo 3

Nombre de la empresa: Fábrica de tuberías

Tabla 3-3 Materiales fábrica de tuberías

Materiales	
Entrada	Salida
Policloruro de vinilo	MP HC
Estabilizadores (estereatos de Ca, Zn)	
Pigmentos (órgano-metálicos de Cd, Cu, Ba)	
Lubricantes (ácido esteárico)	
Carbonato de calcio	
Arcilla	
Caolín	
Talco	
Materiales modificadores de impacto (polietileno clorado, acrilato de butadieno, estireno)	

Fuente: AME - Estudio de potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador - capítulo 16

Nombre de la empresa: Fábrica de vidrio

Tabla 5-3 Materiales fábrica de vidrio

Materiales	
Entrada	Salida
Dióxido de silicio (arena sílice)	Material particulado
Aluminosilicatos de potasio, sodio o calcio (feldespatos)	SO ₂
Carbonato de calcio (piedra caliza)	NO _x
Soda ash	HC
Sulfato de sodio y selenio	CO
	F ₂
	Se

Fuente: AME - Estudio de potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador - capítulo 25

Nombre de la empresa: Metalmecánica

Tabla 6-3 Materiales metalmecánicas

Materiales	
Entrada	Salida
Cobre	Escoria (residuo de la fundición de metales)
Zinc	Viruta metálica
Aluminio sólido	Arena
Acero	Humos
Hierro	Gases
Bronce	Humos de soldadura
Acetileno	
Estaño	

Fuente: Entrada (Tabla n° 25: materias primas de estructuras y productos metálicos del subsector de industria metalmecánica, pág. 83), salida (tabla n°34: análisis ciclo de vida de la industria combustión, pág. 91)

Nombre de la empresa: Industria maderera (aserraderos, fabricación de muebles)

Tabla 7-3 Materiales industria maderera

Materiales	
Entrada	Salida
Madera en crudo	COV's (pinturas y barnices)
	Polvo de barniz
	Polvo de lijado
	CO ₂
	CO
	NO _x
	COVNM
	MP

Fuente: Soluciones medio ambientales en carpintería y mueble pág. 11-16 (procesos de combustión y acabado) e inventario de emisiones a la atmosfera en la comunidad de Aragón (procesos de combustión) pág. 35

Nombre de la empresa: Taller de enderezamiento y pintura

Tabla 8-3 Materiales taller de enderezamiento y pintura

Materiales		
Entrada	Salida	
Vehículo averiado	Cromo	Proceso soldadura
	Níquel	
	Manganeso	
	Hierro	
	Arsénico	
	Silicio	Proceso de pulimiento y lijado
	Óxidos	
	Cloruro de metileno	
	Plomo	
	MP	
Pintura en aerosol: cromo, cadmio y plomo.	Emisiones de pintura Vapores COV's	Procesos de aplicación de base, pintura y barniz
Pintura base y sellante: isocianatos y acetato de etilo.		
Pintura transparente: tolueno, nafta de petróleo y esteres dibásicos mixtos.		
Limpiadores de metales y lubricantes: resinas epoxi, cloruro de metilo y estireno		

Fuente: Diagnóstico Socioeconómico y Ambiental. Capítulo III 3.- DIAGNÓSTICO. Matriz de significación y descripción de los impactos medio ambientales del proceso pág. 39

Nombre de la Empresa: Fundición de aluminio

Tabla 9-3 Materiales fundición de aluminio

Materiales	
Entrada	Salida
Aluminio primario	MP
	Gases de combustión

Fuente: AME - Estudio de potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador - capítulo 29

Nombre de la Empresa: Fábrica de Hormigón

Tabla 10-3 Materiales fábrica de hormigón

Materiales		
Entrada	Salida	
Caliza	CO ₂ NO _x SO ₂ CH ₄	Manufactura de aluminio a partir de bauxita
Otros productos minerales		Fundición secundaria de aluminio
	COV`s MP Metales pesados (Cromo, Arsénico, Cadmio, Mercurio, Talio, plomo)	

Fuente: Proceso de fabricación del hormigón, tabla 6.1 perfil medioambiental del hormigón pág. 54

Nombre de la Empresa: Empresa de niquelados y cromados (galvanoplastia)

Tabla 11-3 Materiales empresa de niquelados y cromados

Materiales		
Entrada	Salida	Proceso
Solventes (tricloretileno, percloroetileno y tetracloruro de carbono)	COV`S	Recepción de materias primas
Álcalis (potasa caustica, sosa caustica, carbonato sódico, carbonato potásico, fosfato trisódico, ortosilicatos, metasilicatos alcalinos bicarbonato sódico, carbonato amónico, entre otros)		
Sales para galvanizado (sulfatos, cloruros, cianuro de níquel, cromo o estaño)		
Tisulfonato naftaleno sódico		
Formaldehído		

Tabla 10-3 Continuación

Hidrocarburos clorados no inflamables		Desengrase con solventes orgánicos
Hidróxidos y carbonatos		Decapado o desoxidación
Aditivos orgánicos e inorgánicos		
Surfactantes		
Soluciones acidas: ácido sulfúrico, clorhídrico, fluorhídrico		
Ácido sulfúrico, fosfórico, crómico, nítrico, cítrico o combinaciones de ellos.	MP	Preparación mecánica de la pieza

Fuente: AME - Estudio de potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador - capítulo 31

3.1.5 Puntos de exposición

Tabla 12-3 Puntos de exposición de acuerdo a los puntos de monitoreo en la ciudad de Riobamba

LUGAR	PUNTO DE EXPOSICION
Avenida Pedro Vicente Maldonado	Calles y avenidas Restaurantes Tiendas de abastos Lugares descubiertos de las casas como terrazas, patio, balcones y garaje. Microempresas como metalmecánicas, mecánicas industriales, taller de pintura y enderezamiento, entre otros.
Avenida Canónigo Ramos	Calles y avenidas Lugares descubiertos de las casas como terrazas, patio, balcones y garaje
AME	Calles y avenidas Parques Pacios de las unidades educativas. Lugares descubiertos de las casas como terrazas, patio, balcones y garaje.
La Merced	Alimentos Calles y avenidas Pacios de las unidades educativas, universidad y mercado. Lugares descubiertos de las casas como terrazas, patio, balcones y garaje.
La Cerámica	Calles y avenidas Parques Pacios de las unidades educativas. Lugares descubiertos de las casas como terrazas, patio, balcones y garaje. Dentro de la empresa La Cerámica
EMAPAR	Calles y avenidas Parques Lugares descubiertos de las casas como terrazas, patio, balcones y garaje.

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

3.2 Recolección de muestras

La recolección se realizó en jarras con capacidad para 2 litros, los meses de monitoreo fueron de enero a mayo con un periodo tiempo comprendido entre 28 y 32 días para la toma de cada muestra, las muestras fueron muy variables en cada mes, teniendo valores de media acumulada durante el periodo de monitoreo: AME: 3.27g, La Merced: 1.11g, EMAPAR: 0.97g, Av. Canónigo Ramos: 2.01g, La Cerámica: 6.43g y Av. Pedro Vicente Maldonado 2.85g; los cuales nos indica que existe gran cantidad de sólidos sedimentables a lo largo de la ciudad. En el mes de febrero, específicamente el 27, la ciudad de Riobamba experimento la caída de ceniza procedente del volcán Tungurahua, por lo que tuvimos más cantidad de sólidos sedimentables, cabe recalcar que durante los siguientes meses la ceniza seguía presente en el ambiente y también influyo en la cantidad de sólidos y sus resultados.

3.3 Obtención de sólidos sedimentables.

Para la recuperación de todos los sólidos presentes en las jarras, fue necesario limpiarlas con agua destiladas, la cantidad de sólidos debió ser de al menos 0.3 gramos para poder continuar con el análisis en Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP).

Para el cálculo de la cantidad de sólidos sedimentables que se sedimentó por metro cuadrado fue necesario utilizar la fórmula del área total de la jarra teniendo los siguientes resultados:

Tabla 13-3 Área total de las jarras.

Área total de las jarras $h = 17cm$ $d = 14cm$ $* A_T = \frac{\pi \left(\frac{d^2(cm)}{4} \right)}{10000} = 0.015 m^2$								
Estación	Ene-Feb (4 jarras)		Feb-Mar (3 jarras)		Mar-Abr (3 jarras)		Abr-May (3 jarras)	
	Sólidos recolectados (g)	Sólidos recolectados por metro cuadrado ($g/m^2/30d$)	Sólidos recolectados (g)	Sólidos recolectados por metro cuadrado (g/m^2)	Sólidos recolectados (g)	Sólidos recolectados por metro cuadrado (g/m^2)	Sólidos recolectados (g)	Sólidos recolectados por metro cuadrado (g/m^2)
AME	1.494	24.90	2.91	64.66	1.22	27.11	1.11	24.44
La Merced	0.3637	6.06	2.31	51.33	0.91	20.22	1.82	40.44
EMAPAR	0.3164	5.27	1.88	41.78	1.12	24.89	1.10	24.44
Av. Canónigo Ramos	0.7609	12.68	2.56	56.88	1.29	28.67	1.56	34.67
La Cerámica	3.6808	61.35	2.84	63.11	3.01	66.89	1.37	30.44
Av. Pedro Vicente Maldonado	1.1138	18.56	3.83	85.11	1.18	26.22	0.95	21.11

*Fuente formula: (ASTM, 2004, p. 3)

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

3.4 Análisis de metales pesados mediante ICP

Después de obtener los sólidos por método gravimétrico se procedió hacer una digestión ácida de las muestras. El cambio de color representa que las muestras provienen de diferentes puntos de muestreo.

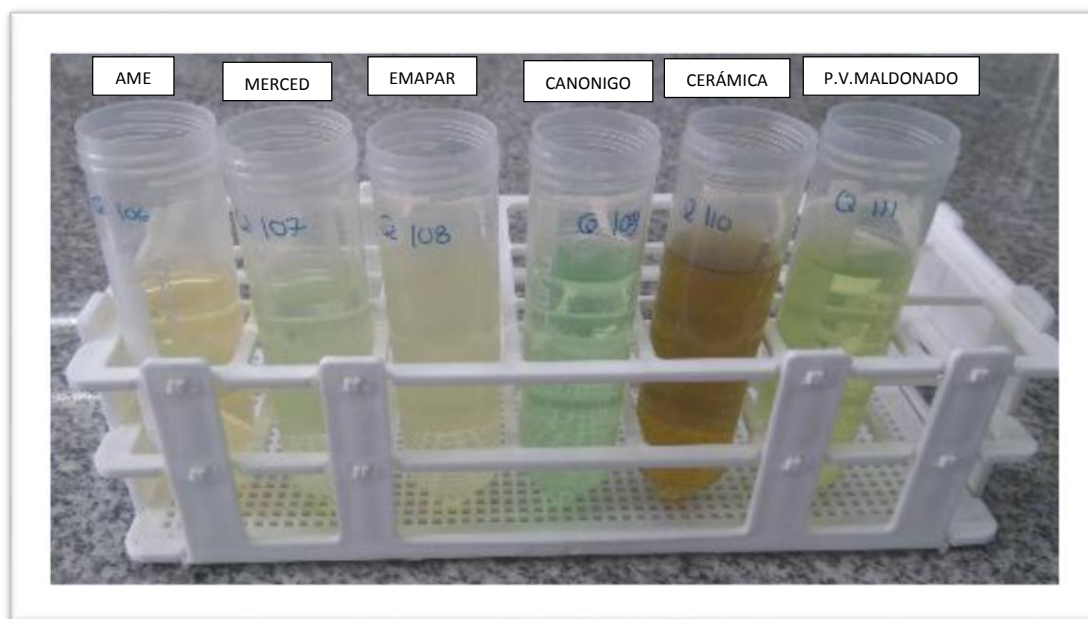


Figura 8-3 Digestión Ácida

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

En algunos casos como el Arsénico (As) y Plata (Ag) se encuentran por debajo del límite de detección del ICP por lo que se reporta como $<0.5\text{mg/kg}$, sucede lo mismo con el Selenio (Se) y Berilio (Be) pero su límite de detección es $<1\text{mg/kg}$.

Tabla 14-3 Medición de metales pesados en sólidos sedimentables, estación AME

ESTACIÓN	PARÁMETRO	ENE-FEB	FEB-MAR	MAR-ABR	ABR-MAY
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
AME	Cadmio	0,98	<0.05	0,19	1,01
	Arsénico	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	Molibdeno	0.62	<0.5	1,23	<0.5
	Plomo	28,98	49,17	12,78	18,76
	Cromo	14,27	7,02	11,61	9,16
	Selenio	<1	<1	<1	<1
	Cobre	5562,70	17344,80	788,81	93,11
	Manganeso	170,81	65,18	100,20	123,38
	Vanadio	21,53	22,23	29,07	26,54
	Berilio	<1	<1	<1	<1
	Níquel	16,76	4,88	13,71	10,46
	Aluminio	21674,29	5968,2	7516,48	9158,51
	Cobalto	3,15	2,59	8,34	2,96
	Plata	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	Bario	115,16	44,26	57,50	102,72
Sólidos	1,494	2,91	1,22	1,11	

Elaborado por: CESTTA

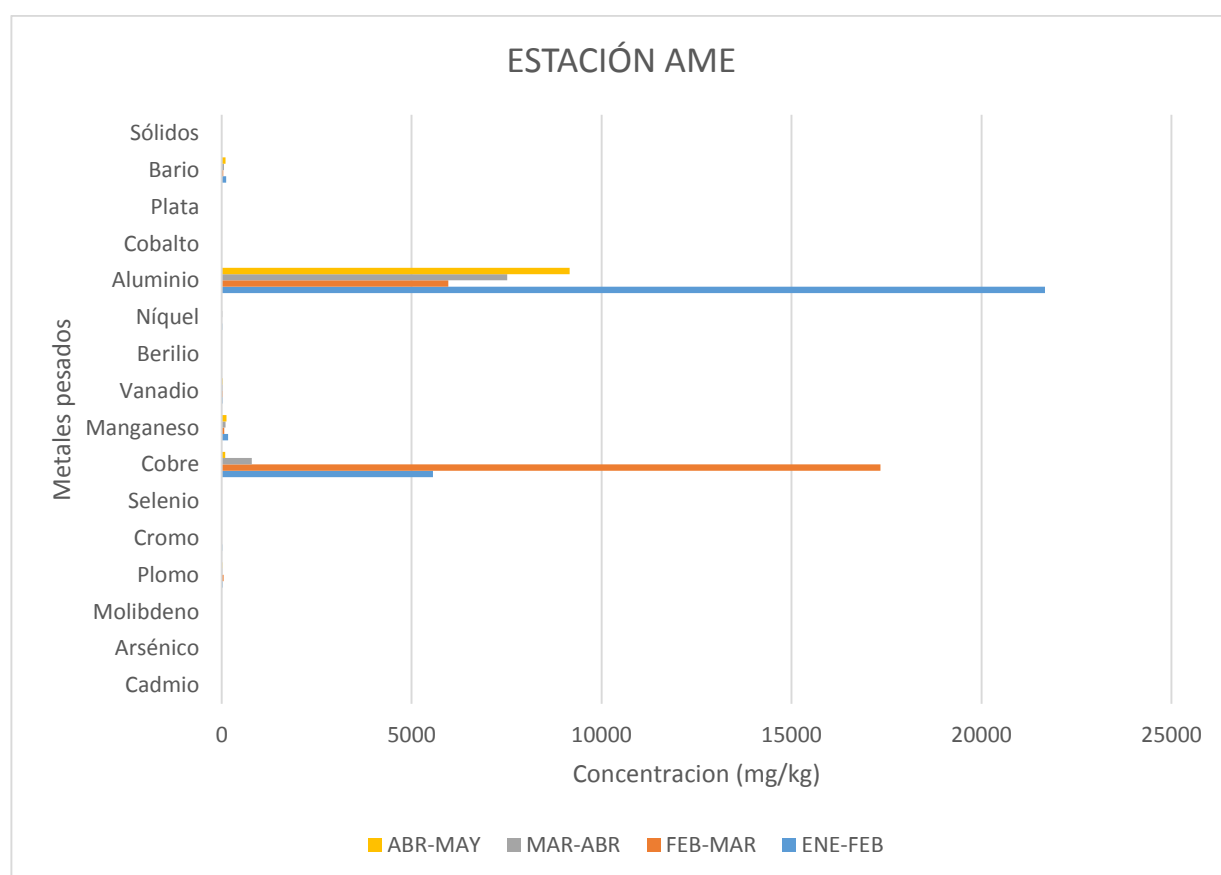


Figura 9-3 Medición de metales pesados en sólidos sedimentables, estación AME

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Tabla 15-3 Medición de metales pesados en sólidos sedimentables, estación La Merced

ESTACIÓN	PARÁMETRO	ENE-FEB	FEB-MAR	MAR-ABR	ABR-MAY
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
La Merced	Cadmio	0,87	<0.05	0,26	0,42
	Arsénico	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	Molibdeno	0,87	<0.5	0,64	<0.5
	Plomo	56,38	62,83	6,98	13,94
	Cromo	11,88	7,96	11,43	7,31
	Selenio	<1	<1	<1	<1
	Cobre	74786,91	23447,97	429,83	71,93
	Manganeso	143,25	56,23	104,46	75,94
	Vanadio	18,35	22,1	31,48	11,84
	Berilio	<1	<1	<1	<1
	Níquel	4,85	3,02	7,39	6,47
	Aluminio	5052,24	6603,02	9877,05	4918,05
	Cobalto	4,92	2,54	3,94	2,46
	Plata	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	Bario	106,79	34,17	65,70	55,5
Sólidos	0,3637	2,31	0,91	1,82	

Elaborado por: CESTTA

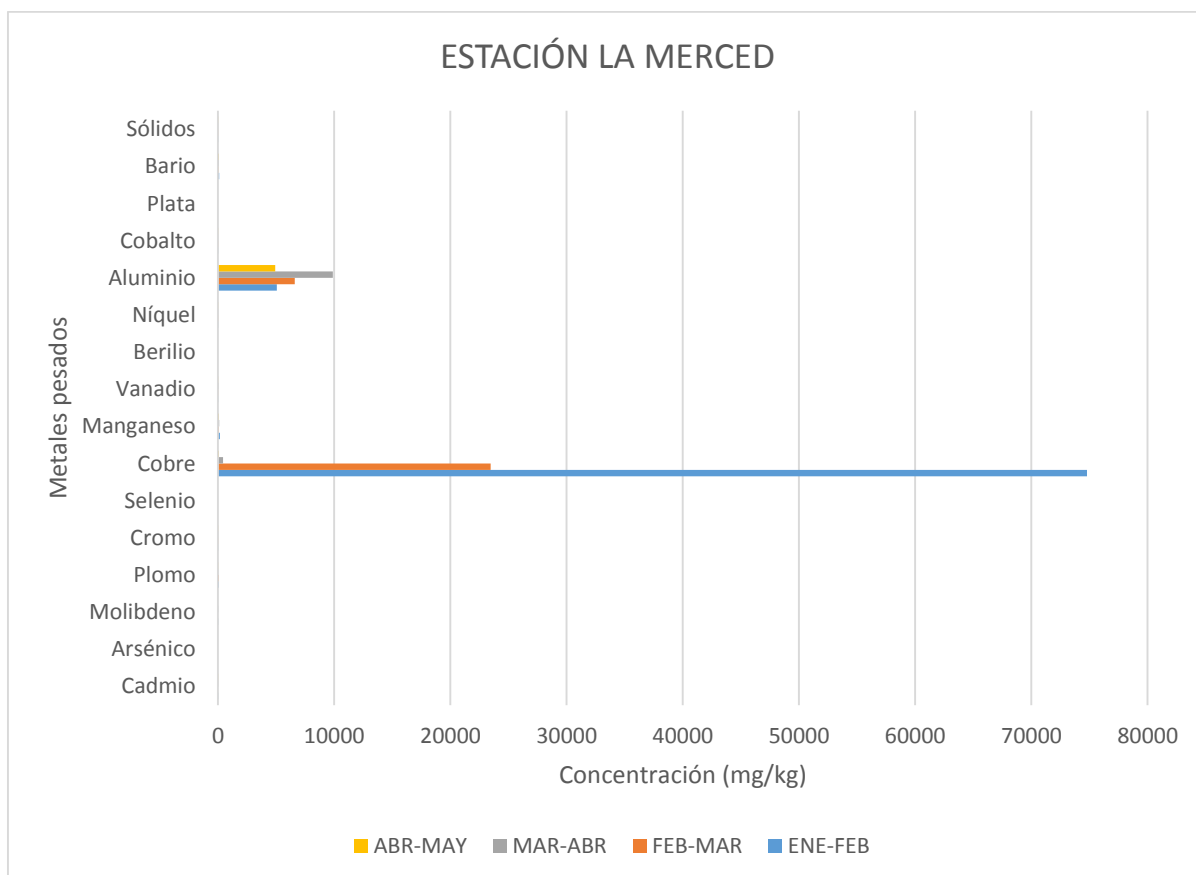


Figura 10-3 Medición de metales pesados en sólidos sedimentables, estación La Merced

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Tabla 16-3 Medición de metales pesados en sólidos sedimentables, estación EMAPAR

ESTACIÓN	PARÁMETRO	ENE-FEB	FEB-MAR	MAR-ABR	ABR-MAY
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
EMAPAR	Cadmio	0,64	<0.05	0,16	0,31
	Arsénico	<0.5	<0.5	<0,5	<0,5
	Molibdeno	1,19	<0.5	0,65	<0,5
	Plomo	19,58	98,79	7,4	8,92
	Cromo	15,19	10,24	12,37	7,52
	Selenio	<1	<1	<1	<1
	Cobre	1421,46	41030,9	718,28	249,75
	Manganeso	222,19	104,59	109,63	94,61
	Vanadio	25,71	21,80	30,45	13,75
	Berilio	<1	<1	<1	<1
	Níquel	15,44	3,53	7,68	7,27
	Aluminio	8580,91	6144,39	10023,99	8845,15
	Cobalto	6,1	2,68	3,66	2,64
	Plata	<0.5	<0.5	<0,5	<0,5
	Bario	124,46	32,06	54,52	62,29
	Sólidos	0,3164	1,88	1,12	1,10

Elaborado por: CESTTA

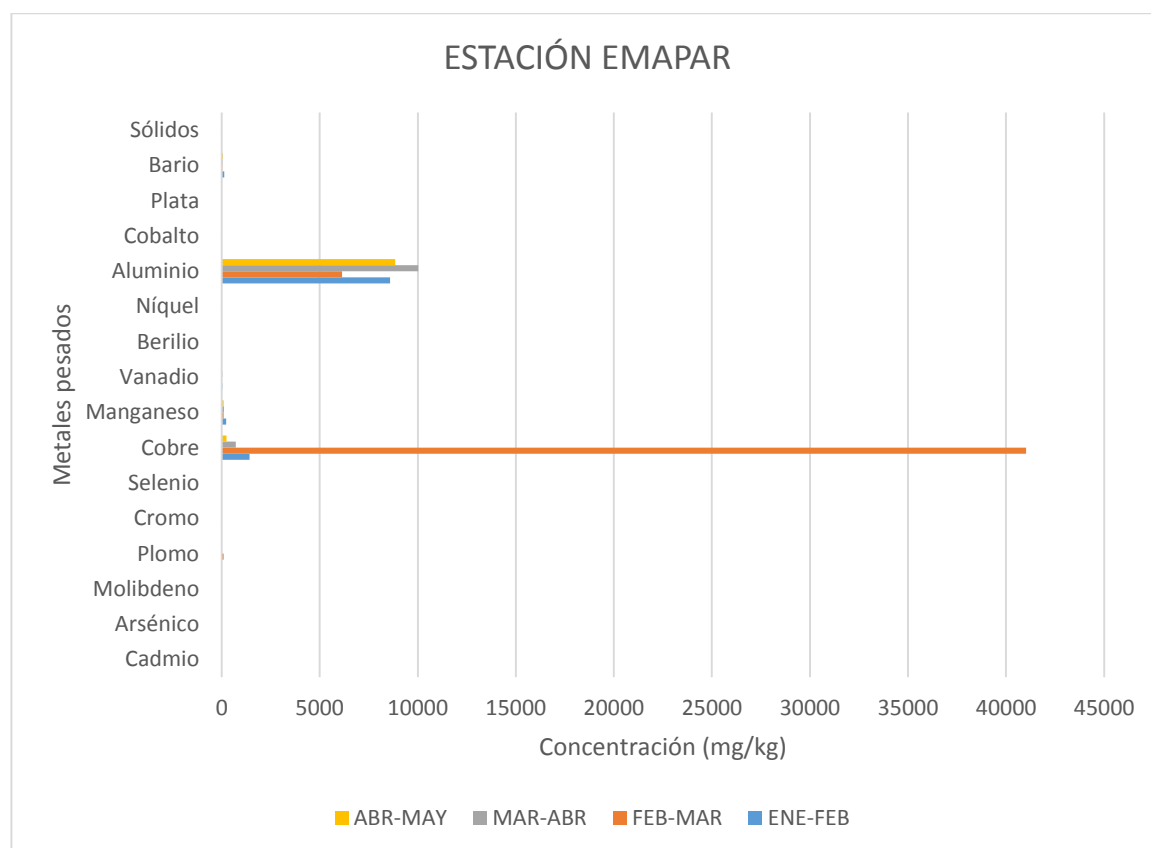


Figura 11-3 Medición de metales pesados en sólidos sedimentables, estación EMAPAR

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Tabla 17-3 Medición de metales pesados en sólidos sedimentables, estación avenida Canónigo Ramos

ESTACIÓN	PARÁMETRO	ENE-FEB	FEB-MAR	MAR-ABR	ABR-MAY
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Av. Canónigo Ramos	Cadmio	0,3	<0,05	0,11	0,063
	Arsénico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Molibdeno	0,83	<0,5	0,58	<0,5
	Plomo	78,26	2,54	17,76	5,00
	Cromo	10,90	5,50	13,37	4,55
	Selenio	<1	<1	<1	<1
	Cobre	123472,2	927,68	323,41	41,46
	Manganeso	104,02	54,59	97,93	53,25
	Vanadio	14,78	19,09	26,52	13,06
	Berilio	<1	<1	<1	<1
	Níquel	0,61	5,18	10,85	4,6
	Aluminio	5519,78	6532,39	8482,91	5097,88
	Cobalto	3,15	2,42	4,02	1,80
	Plata	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Bario	75,77	29,59	65,73	41,48
Sólidos	0,7609	2,56	1,29	1,56	

Elaborado por: CESTTA

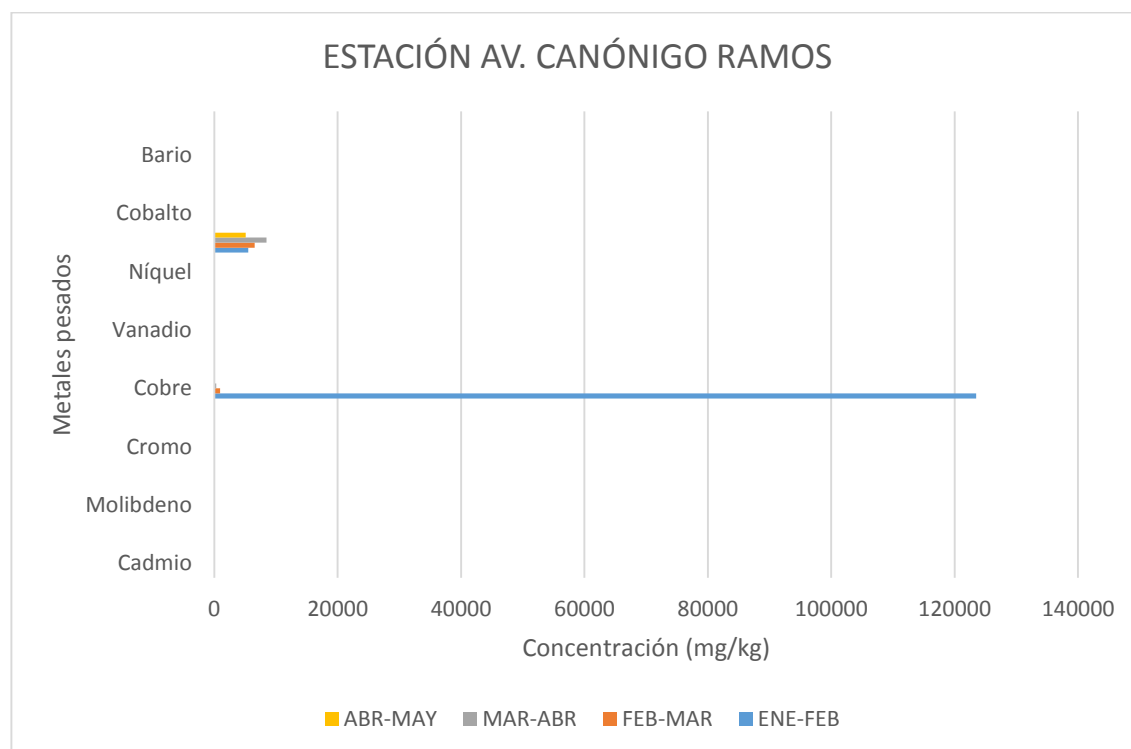


Figura 12-3 Medición de metales pesados en sólidos sedimentables, estación avenida Canónigo Ramos

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Tabla 18-3 Medición de metales pesados en sólidos sedimentables, estación La Cerámica.

ESTACIÓN	PARÁMETRO	ENE-FEB	FEB-MAR	MAR-ABR	ABR-MAY
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
La Cerámica	Cadmio	0,6	0,052	0,10	0,23
	Arsénico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Molibdeno	<0,5	<0,5	0,51	<0,5
	Plomo	58,79	10,28	7,77	20,04
	Cromo	8,86	6,84	9,69	7,44
	Selenio	<1	<1	<1	<1
	Cobre	38374,81	657,61	169,97	336,36
	Manganeso	89,00	79,55	72,59	117,81
	Vanadio	10,21	20,71	22,55	13,66
	Berilio	<1	<1	<1	<1
	Níquel	7,09	5,71	7,08	6,46
	Aluminio	4245,68	8195,08	6704,66	9368,01
	Cobalto	2,4	2,75	3,04	2,60
	Plata	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Bario	44,26	42,78	59,75	63,19
Sólidos	3,6808	2,84	3,01	1,37	

Elaborado por: CESTTA

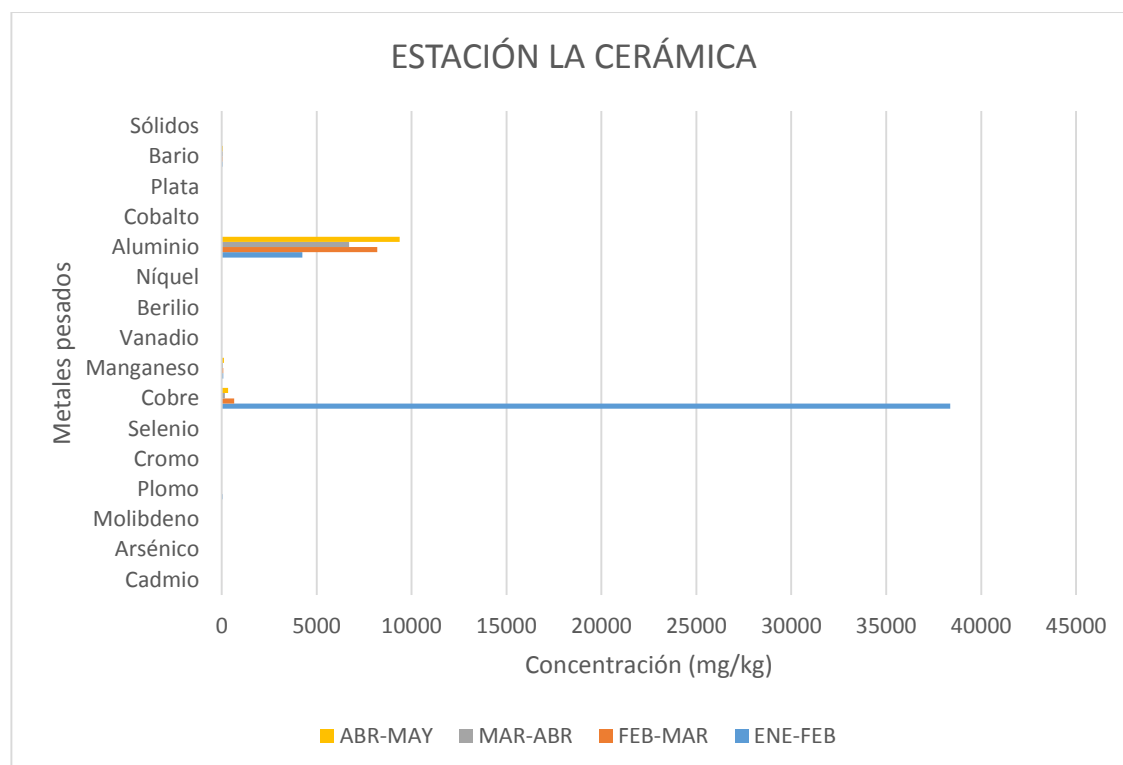


Figura 13-3 Medición de metales pesados en sólidos sedimentables, estación La Cerámica.

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Tabla 19-3 Medición de metales pesados en sólidos sedimentables, estación avenida Pedro Vicente Maldonado

ESTACIÓN	PARAMETRO	ENE-FEB	FEB-MAR	MAR-ABR	ABR-MAY
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Av. P.V. Maldonado	Cadmio	0,23	0,073	0,11	0,22
	Arsénico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Molibdeno	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Plomo	41,17	5,47	6,65	11,5
	Cromo	8,29	7,11	10,69	8,89
	Selenio	<1	<1	<1	<1
	Cobre	60895,14	1966,30	29,79	211,27
	Manganeso	110,07	57,59	79,24	86,23
	Vanadio	17,40	18,02	25,19	13,9
	Berilio	<1	<1	<1	<1
	Níquel	3,9	4,76	6,81	7,5
	Aluminio	5384,72	6789,32	8213,79	6313,21
	Cobalto	3,23	2,23	3,27	2,98
	Plata	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Bario	59,93	29,30	70,06	84,19
Sólidos	1,1138	3,83	1,18	0,95	

Elaborado por: CESTTA

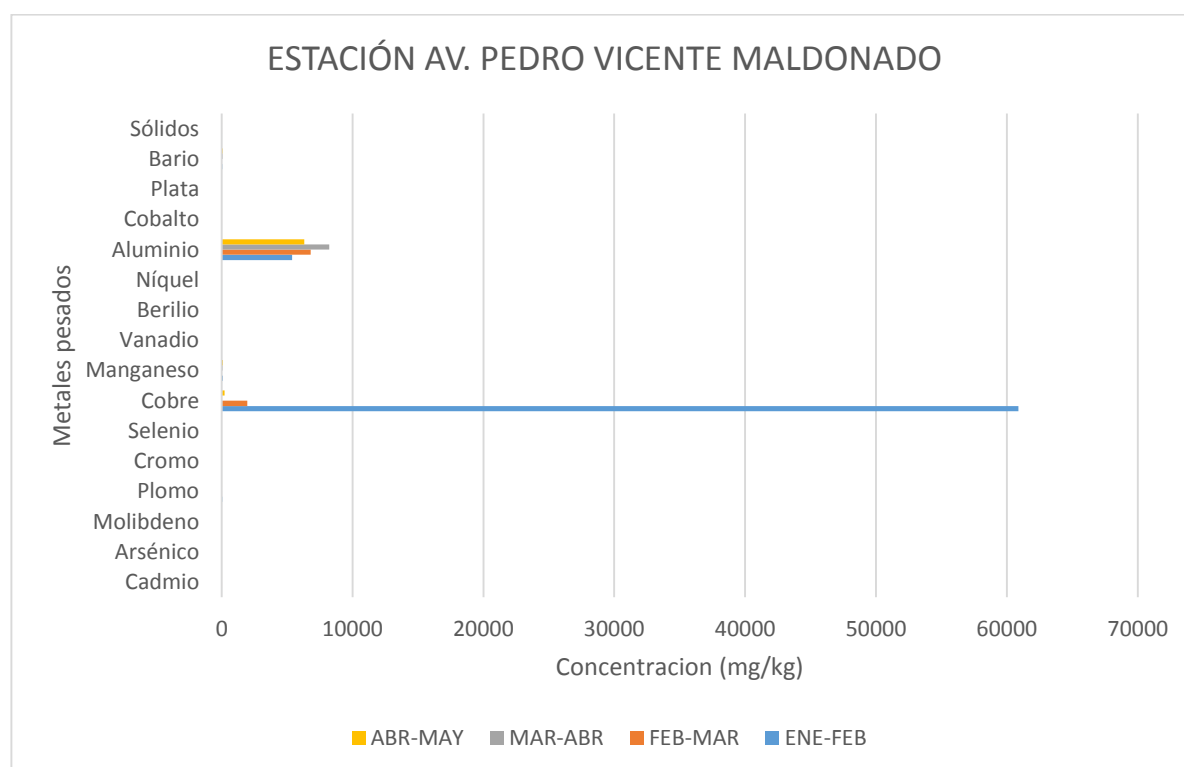


Figura 14-3 Medición de metales pesados en sólidos sedimentables, estación avenida Pedro Vicente Maldonado

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

3.5 Análisis estadístico

3.5.1 Prueba Chi Cuadrado

- **Prueba Chi Cuadrado sólidos sedimentables**

Tabla 20-3 Prueba Chi Cuadrado sólidos sedimentables
Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	114,000 ^a	110	,378
Razón de verosimilitudes	83,232	110	,973
Asociación lineal por lineal	1,268	1	,260
N de casos válidos	24		

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: No existen relación entre sólidos sedimentables y las seis estaciones de monitoreo, con $p > 0,05$

Hi: Existe relación entre sólidos sedimentables y las seis estaciones de monitoreo, con $p < 0,05$.

Decisión: Como $p \geq 0,05$, no se puede desechar Ho, por tanto, no existen relación entre los sólidos sedimentables y las seis estaciones de monitoreo.

- **Prueba Chi Cuadrado Cadmio**

Tabla 21-3 Prueba Chi Cuadrado Cadmio
Pruebas de Chi-Cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	90,000 ^a	90	,480
Razón de verosimilitudes	69,369	90	,948
N de casos válidos	24		

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: No existen relación entre el Cadmio y las seis estaciones de monitoreo, con $p > 0,05$.

Hi: Existe relación entre el Cadmio y las seis estaciones de monitoreo, con $p < 0,05$

Decisión: Como $p \geq 0.05$, no se puede desechar H_0 , por tanto, no existe relación entre el Cadmio y las seis estaciones de monitoreo.

- **Prueba Chi Cuadrado Molibdeno**

Tabla 22-3 Prueba Chi Cuadrado Molibdeno
Pruebas de Chi-Cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	46,400 ^a	45	,414
Razón de verosimilitudes	33,535	45	,896
N de casos válidos	24		

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Planteamiento de la hipótesis:

H₀: No existen relación entre el Molibdeno y las seis estaciones de monitoreo, con $p > 0,05$.

H_i: Existe relación entre el Molibdeno y las seis estaciones de monitoreo, con $p < 0,05$.

Decisión: Como $p \geq 0,05$, no se puede desechar H_0 , por tanto, no existe relación entre el Molibdeno y las seis estaciones de monitoreo.

- **Prueba Chi Cuadrado Plomo**

Tabla 23-3 Prueba Chi Cuadrado Plomo
Pruebas de Chi-Cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	120,000 ^a	115	,356
Razón de verosimilitudes	86,004	115	,980
N de casos válidos	24		

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Planteamiento de la hipótesis:

H₀: No existen relación entre el Plomo y las seis estaciones de monitoreo, con $p > 0,05$.

H_i: Existe relación entre el Plomo y las seis estaciones de monitoreo, con $p < 0,05$.

Decisión: Como $p \geq 0.05$ no se puede desechar H_0 , por tanto, no existe relación entre el Plomo y las seis estaciones de monitoreo.

- **Prueba Chi Cuadrado Cromo**

Tabla 24-3 Prueba Chi Cuadrado Cromo
Pruebas de Chi-Cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	120,000 ^a	115	,356
Razón de verosimilitudes	86,004	115	,980
N de casos válidos	24		

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: No existen relación entre el Cromo y las seis estaciones de monitoreo, con $p > 0,05$.

Hi: Existe relación entre el Cromo y las seis estaciones de monitoreo, con $p < 0,05$.

Decisión: Como $p \geq 0,05$, no se puede desechar Ho, por tanto, no existe relación entre el Cromo y las seis estaciones de monitoreo.

- **Prueba Chi Cuadrado Cobre**

Tabla 25-3 Prueba Chi Cuadrado Cobre
Pruebas de Chi-Cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	120,000 ^a	115	,356
Razón de verosimilitudes	86,004	115	,980
N de casos válidos	24		

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: No existen relación entre el Cobre y las seis estaciones de monitoreo, con $p > 0,05$.

Hi: Existe relación entre el Cobre y las seis estaciones de monitoreo, con $p < 0,05$.

Decisión: Como $p \geq 0,05$, no se puede desechar Ho, por tanto, no existe relación entre el Cobre y las seis estaciones de monitoreo.

- **Prueba Chi Cuadrado Manganeso**

Tabla 26-3 Prueba Chi Cuadrado Manganeso
Pruebas de Chi-Cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	120,000 ^a	115	,356
Razón de verosimilitudes	86,004	115	,980
N de casos válidos	24		

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: No existen relación entre el Manganeso y las seis estaciones de monitoreo, con $p > 0,05$.

Hi: Existe relación entre el Manganeso y las seis estaciones de monitoreo, con $p < 0,05$.

Decisión: Como $p \geq 0,05$, no se puede desechar Ho, por tanto, no existe relación entre el Manganeso y las seis estaciones de monitoreo.

- **Prueba Chi Cuadrado Vanadio**

Tabla 27-3 Prueba Chi Cuadrado Vanadio
Pruebas de Chi-Cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	120,000 ^a	115	,356
Razón de verosimilitudes	86,004	115	,980
N de casos válidos	24		

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016.

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: No existen relación entre el Vanadio y las seis estaciones de monitoreo, con $p > 0,05$.

Hi: Existe relación entre el Vanadio y las seis estaciones de monitoreo, con $p > 0,05$.

Decisión: Como $p \geq 0,05$, no se puede desechar Ho, por tanto, no existe relación entre el Vanadio y las seis estaciones de monitoreo.

- **Prueba Chi Cuadrado Níquel**

Tabla 28-3 Prueba Chi Cuadrado Níquel
Pruebas de Chi-Cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	120,000 ^a	115	,356
Razón de verosimilitudes	86,004	115	,980
N de casos válidos	24		

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: No existen relación entre el Níquel y las seis estaciones de monitoreo, con $p > 0,05$.

Hi: Existe relación entre el Níquel y las seis estaciones de monitoreo, con $p > 0,05$.

Decisión: Como $p \geq 0,05$, no se puede desechar Ho, por tanto, no existe relación entre el Níquel y las seis estaciones de monitoreo.

- **Prueba Chi Cuadrado Aluminio**

Tabla 29-3 Prueba Chi Cuadrado Aluminio
Pruebas de Chi-Cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	120,000 ^a	115	,356
Razón de verosimilitudes	86,004	115	,980
N de casos válidos	24		

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: No existen relación entre el Aluminio y las seis estaciones de monitoreo, con $p > 0,05$.

Hi: Existe relación entre el aluminio y las seis estaciones de monitoreo, con $p > 0,05$.

Decisión: Como $p \geq 0,05$, no se puede desechar Ho, por tanto, no existe relación entre el Aluminio y las seis estaciones de monitoreo.

- **Prueba Chi Cuadrado Cobalto**

Tabla 30-3 Prueba Chi Cuadrado Cobalto
Pruebas de Chi-Cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	114,000 ^a	110	,378
Razón de verosimilitudes	83,232	110	,973
N de casos válidos	24		

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: No existen relación entre el Cobalto y las seis estaciones de monitoreo, con $p > 0,05$.

Hi: Existe relación entre el Cobalto y las seis estaciones de monitoreo, con $p > 0,05$.

Decisión: Como $p \geq 0,05$, no se puede desechar Ho, por tanto, no existe relación entre el Cobalto y las seis estaciones de monitoreo.

- **Prueba Chi Cuadrado Bario**

Tabla 31-3 Prueba Chi Cuadrado Bario
Pruebas de Chi-Cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	114,000 ^a	110	,378
Razón de verosimilitudes	83,232	110	,973
N de casos válidos	24		

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: No existen relación entre el Bario y las seis estaciones de monitoreo, con $p > 0,05$.

Hi: Existe relación entre el Bario y las seis estaciones de monitoreo, con $p > 0,05$.

Decisión: Como $p \geq 0,05$, no se puede desechar Ho, por tanto, no existe relación entre el Bario y las seis estaciones de monitoreo.

3.5.2 Análisis de normalidad y varianza (Anova)

- Análisis de normalidad y varianza (ANOVA) del plomo

Tabla 32-3 ANOVA Plomo

ANOVA de un factor

RESUMEN

	Suma de cuadrados	de Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	8664,323	5	1732,865	1,739	,177
Intra-grupos	17939,393	18	996,633		
Total	26603,717	23			

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: No existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a la acumulación del Plomo con $p \geq 0,05$

Hi: Existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a la acumulación del Plomo con $p < 0,05$

Decisión: Como $p > 0,05$, no se puede desechar Ho, por tanto, no existen diferencias significativas en la acumulación del Plomo en los puntos de monitoreo.

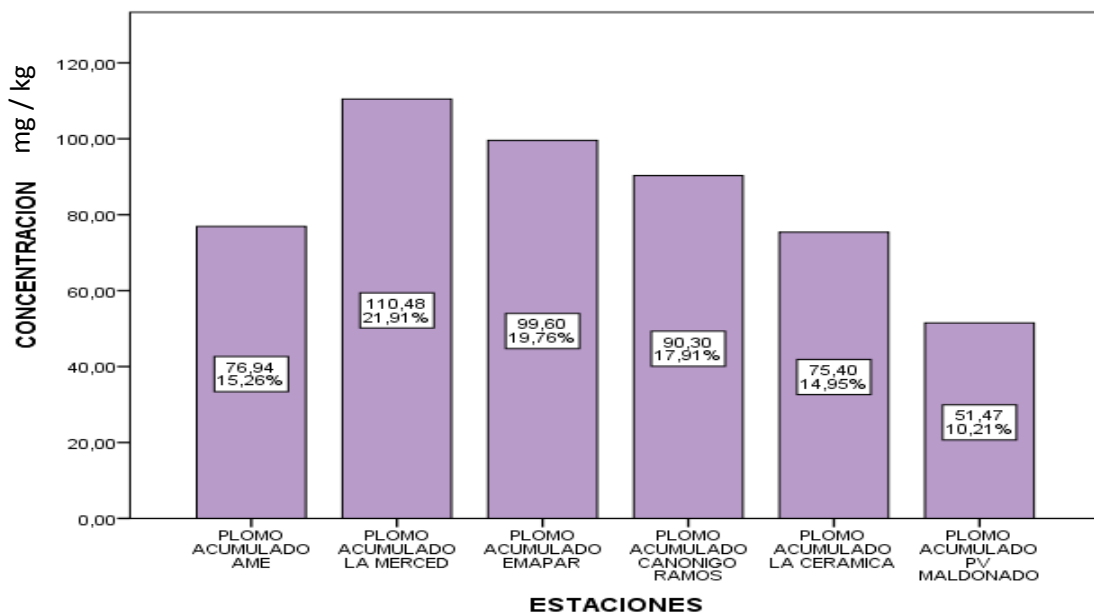


Figura 15-3 ANOVA Plomo

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

En la Figura 15-3 se observa que la acumulación de Plomo en la estación La Merced es mayor, sin embargo, la estación EMAPAR y avenida Canónigo Ramos presentan también valores altos y por el contrario, la estación de la avenida Pedro Vicente Maldonado tiene los valores más bajos.

- **Análisis de normalidad y varianza (Anova) del Cromo**

Tabla 33-3 ANOVA Cromo

ANOVA de un factor

RESUMEN

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	318,766	5	63,753	,455	,804
Intra-grupos	2521,102	18	140,061		
Total	2839,868	23			

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: No existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a la acumulación de Cr con $p \geq 0,05$

Hi: Existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a la acumulación de Cr con $p < 0,05$

Decisión: Como $p > 0,05$, no se puede desechar Ho, por tanto, no existen diferencias significativas en la acumulación de Cromo en los puntos de monitoreo.

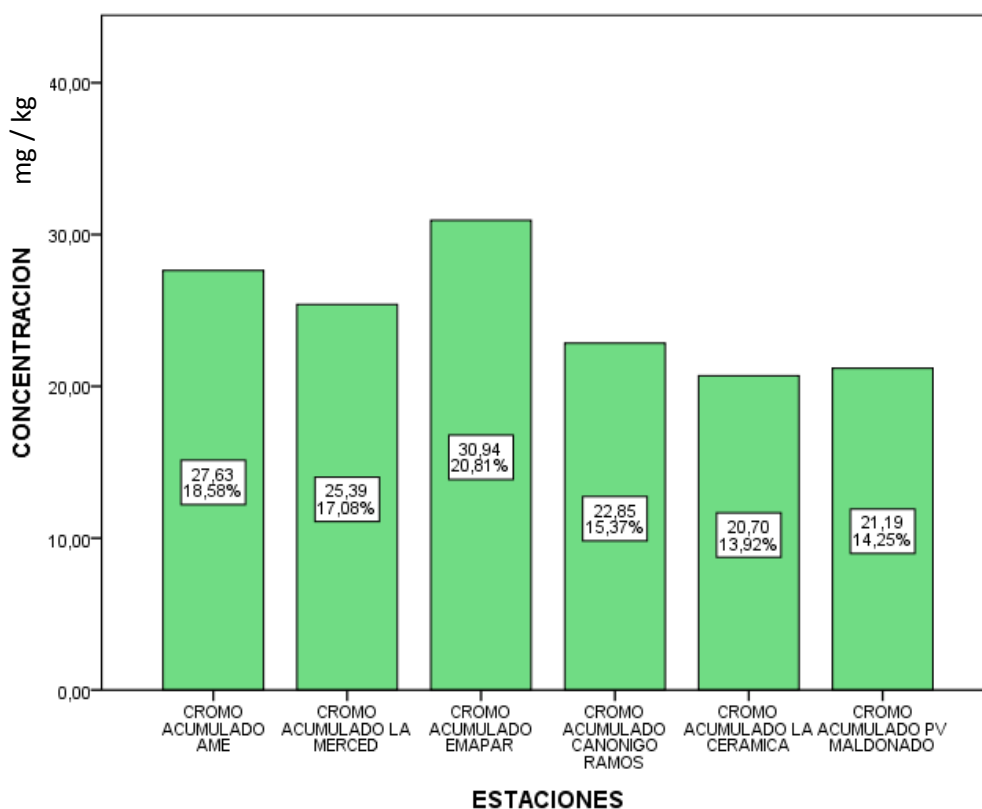


Figura 16-3 ANOVA Cromo

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

En la Figura 16-3 se observa que la acumulación de Cromo en la estación EMAPAR es mayor, mientras que, la estación de la avenida Pedro Vicente Maldonado y estación La Cerámica tienen los valores más bajos.

- **Análisis de normalidad y varianza (Anova) del Vanadio**

Tabla 34-3 ANOVA Vanadio

ANOVA de un factor

RESUMEN

	Suma de los cuadrados	degl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1312,520	5	262,504	,322	,893
Intra-grupos	14696,949	18	816,497		
Total	16009,469	23			

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: No existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a la acumulación de Vanadio con $p \geq 0,05$

Hi: Existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a la acumulación de Vanadio con $p < 0,05$

Decisión: Como $p > 0,05$, no se puede desechar H_0 , por tanto, no existen diferencias significativas en la acumulación de Vanadio en los puntos de monitoreo.

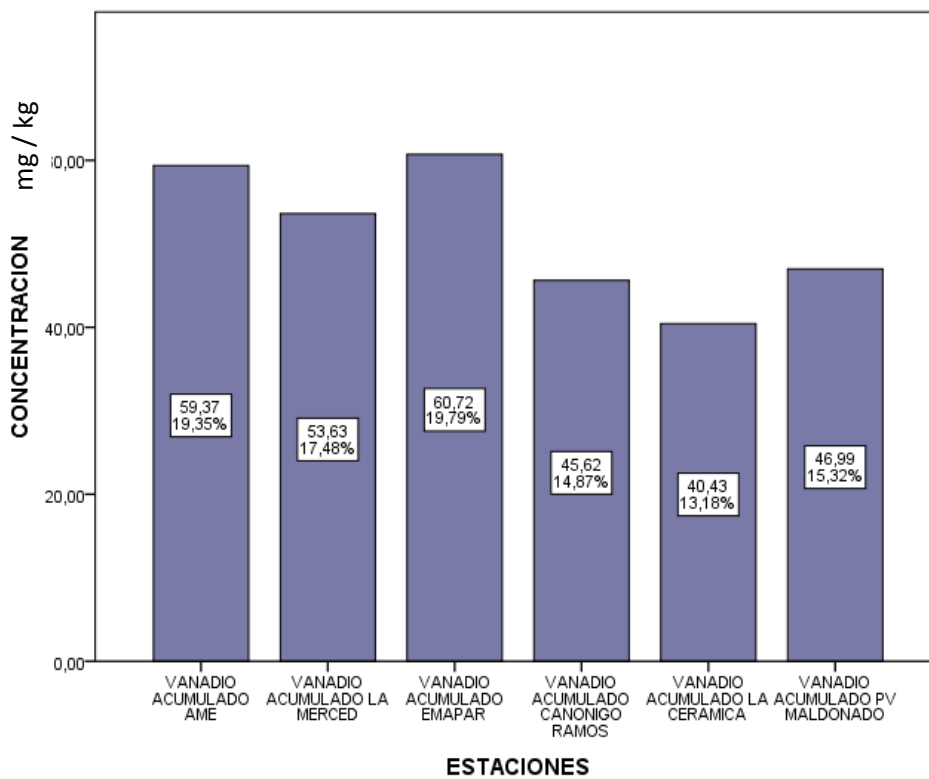


Figura 17-3 ANOVA Vanadio

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

En la Figura 17-3 se observa que en la estación AME y EMAPAR el Vanadio se acumula con valores similares, mientras que, la estación La Cerámica tiene los valores más bajos de acumulación de Vanadio.

- **Análisis de normalidad y varianza (Anova) del Níquel**

Tabla 35-3 ANOVA Níquel

ANOVA de un factor

RESUMEN

	Suma de cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1131,057	5	226,211	2,562	,064
Intra-grupos	1589,336	18	88,296		
Total	2720,393	23			

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: No existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a la acumulación de Ni con $p \geq 0,05$

Hi: Existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a la acumulación de Ni con $p < 0,05$

Decisión: Como $p > 0,05$, no se puede desechar Ho, por tanto, no existen diferencias significativas en la acumulación de Níquel en los puntos de monitoreo.

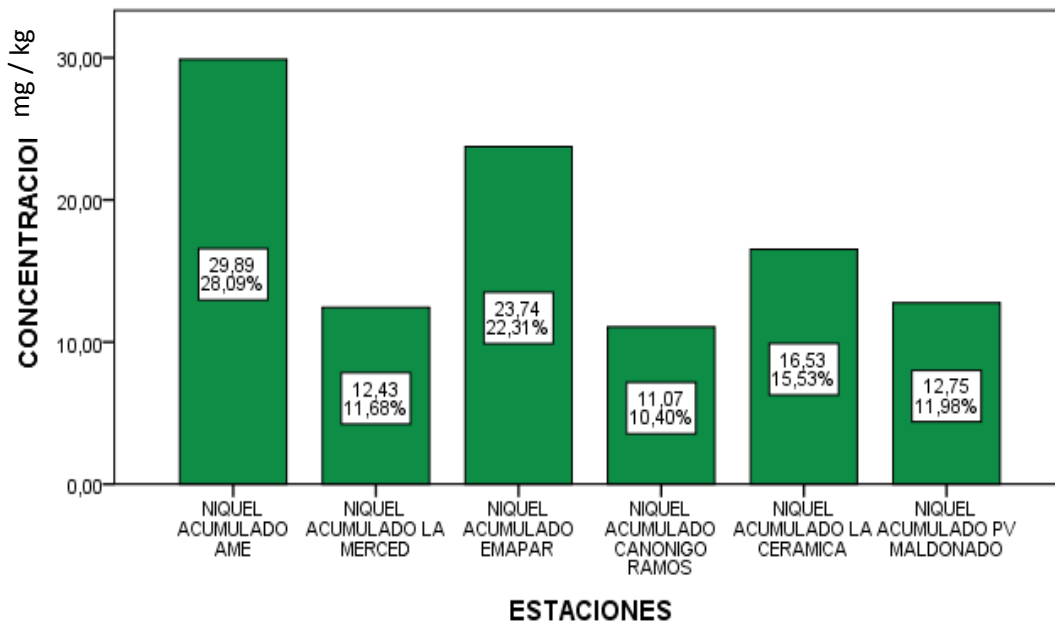


Figura 18-3 ANOVA Níquel

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

En la Figura 18-3 se observa que en la estación AME tiene los valores más altos de acumulación de Níquel y la estación Canónigo Ramos tiene los valores más bajos de Níquel Acumulado.

- **Análisis de normalidad y varianza (Anova) del Aluminio**

Tabla 36-3 ANOVA Aluminio

ANOVA de un factor

RESUMEN

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	834626910,989	5	166925382,198	1,719	,181
Intra-grupos	1747508898,633	18	97083827,702		
Total	2582135809,622	23			

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: No existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a la acumulación de Al con $p \geq 0,05$

Hi: Existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a la acumulación de Al con $p < 0,05$

Decisión: Como $p > 0,05$, no se puede desechar Ho, por tanto, no existen diferencias significativas en la acumulación de Aluminio en los puntos de monitoreo.

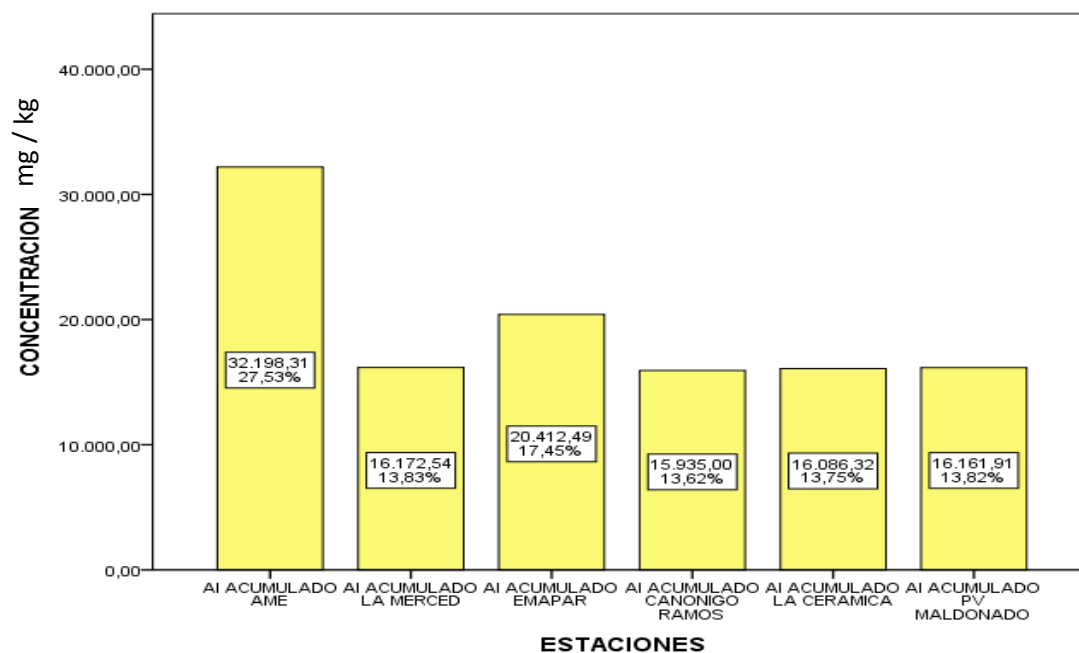


Figura 19-3 ANOVA Aluminio

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

En la Figura 19-3 se observa que en la estación AME acumula altas cantidades de Aluminio, mientras que, la estación La Merced, avenida Canónigo Ramos, La Cerámica y la avenida Pedro Vicente Maldonado la acumulación de Aluminio tiene valores similares.

- Análisis de normalidad y varianza (Anova) del Cobalto**

Tabla 37-3 ANOVA Cobalto

ANOVA de un factor

RESUMEN

	Suma de cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	54,402	5	10,880	,561	,729
Intra-grupos	349,412	18	19,412		
Total	403,813	23			

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: No existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a la acumulación de Co con $p \geq 0,05$

Hi: Existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a la acumulación de Co con $p < 0,05$

Decisión: Como $p > 0,05$, no se puede desechar Ho, por tanto, no existen diferencias significativas en la acumulación de Cobalto en los puntos de monitoreo.

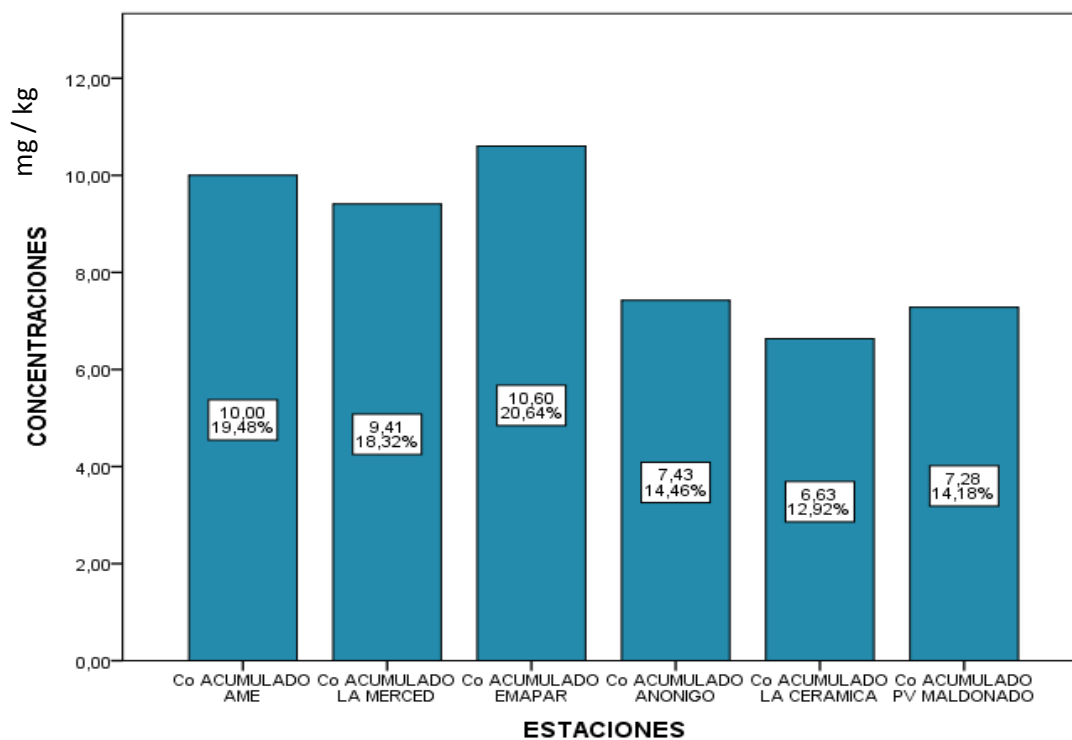


Figura 20-3 ANOVA Cobalto

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

En la Figura 20-3 se observa que la estación EMAPAR es la estación que más Cobalto acumula y la estación La Cerámica es la que tiene menos acumulación de Cobalto.

- **Análisis de normalidad y varianza (Anova) del Bario**

Tabla 38-3 ANOVA Bario

ANOVA de un factor

RESUMEN

	Suma de cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	21700,578	5	4340,116	,799	,565
Intra-grupos	97777,419	18	5432,079		
Total	119477,996	23			

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: No existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a la acumulación de Bario con $p \geq 0,05$

Hi: Existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a la acumulación de Bario con $p < 0,05$

Decisión: Como $p > 0,05$, no se puede desechar Ho, por tanto, no existen diferencias significativas en la acumulación de Bario en los puntos de monitoreo.

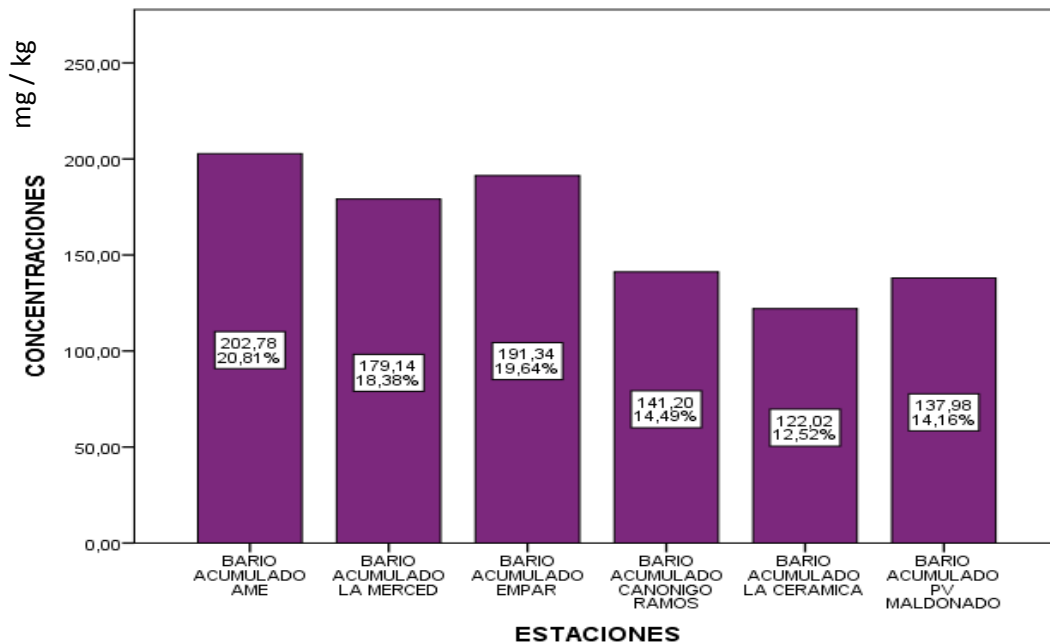


Figura 21-3 ANOVA Bario

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

En la Figura 21-3 se observa que la estación AME presenta más concentración de Bario acumulado y la estación La Cerámica es la que tiene menos acumulación de Bario

- **Análisis de normalidad y varianza (Anova) del sólidos sedimentables**

Tabla 39 -3 ANOVA sólidos sedimentables

ANOVA de un factor

RESUMEN

	Suma de cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	2292,909	5	458,582	1,041	,424
Intra-grupos	7930,266	18	440,570		
Total	10223,174	23			

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: No existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a la acumulación de sólidos sedimentables con $p \geq 0,05$

Hi: Existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a la acumulación de sólidos sedimentables con $p < 0,05$

Decisión: Como $p > 0,05$, no se puede desechar Ho, por tanto, no existen diferencias significativas en la acumulación de sólidos sedimentables en los puntos de monitoreo.

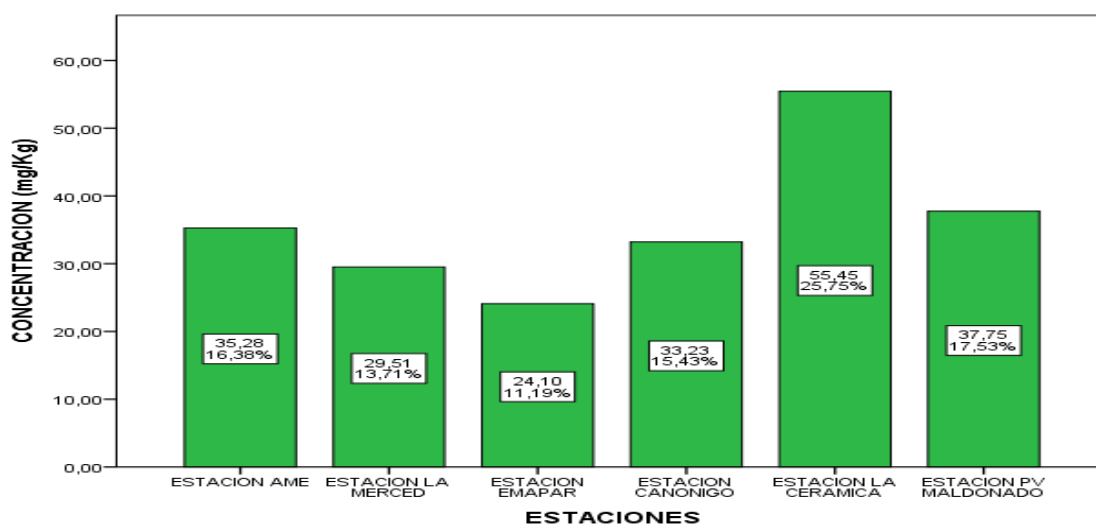


Figura 22-3 ANOVA sólidos

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

En la Figura 22-3 se observa que existe mayor acumulación de sólidos sedimentables en la estación la Cerámica mientras que, la estación EMAPAR es la que menos sólidos sedimentables tiene.

- **Análisis de normalidad y varianza (Anova) del Cadmio**

Tabla 40-3 ANOVA Cadmio

ANOVA de un factor

RESUMEN

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	2,898	5	,580	6,332	,001
Intra-grupos	1,648	18	,092		
Total	4,546	23			

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: No existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a la acumulación del Cadmio con $p \geq 0,05$

Hi: Existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a la acumulación del Cadmio con $p < 0,05$

Decisión: Como $p < 0,05$, existen argumentos para desechar Ho, por tanto, existen diferencias significativas en la acumulación del Cadmio en los puntos de monitoreo.

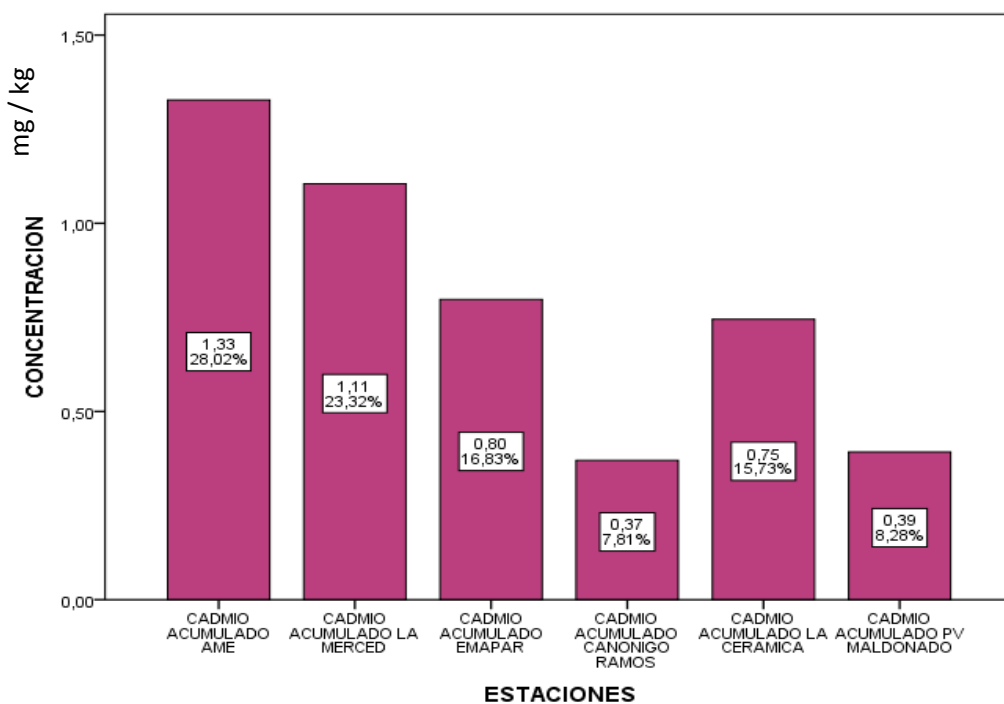


Figura 23-3 ANOVA Cadmio

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

En la Figura 23-3 se observa que, mayor Cadmio acumulado tiene la estación AME y, por el contrario, la estación Canónigo Ramos es la que presenta menos acumulación de Cadmio.

- Análisis de normalidad y varianza (Anova) del Molibdeno**

Tabla 41-3 ANOVA Molibdeno

ANOVA de un factor

RESUMEN

	Suma de cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	7,391	5	1,478	9,046	,000
Intra-grupos	2,942	18	,163		
Total	10,333	23			

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Planteamiento de la hipótesis:

H₀: No existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a la acumulación del Mo con $p \geq 0,05$

Hi: Existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a la acumulación del Mo con $p < 0,05$

Decisión: Como $p < 0,05$, existen argumentos para desechar H_0 , por tanto, existen diferencias significativas en la acumulación del Molibdeno en los puntos de monitoreo.

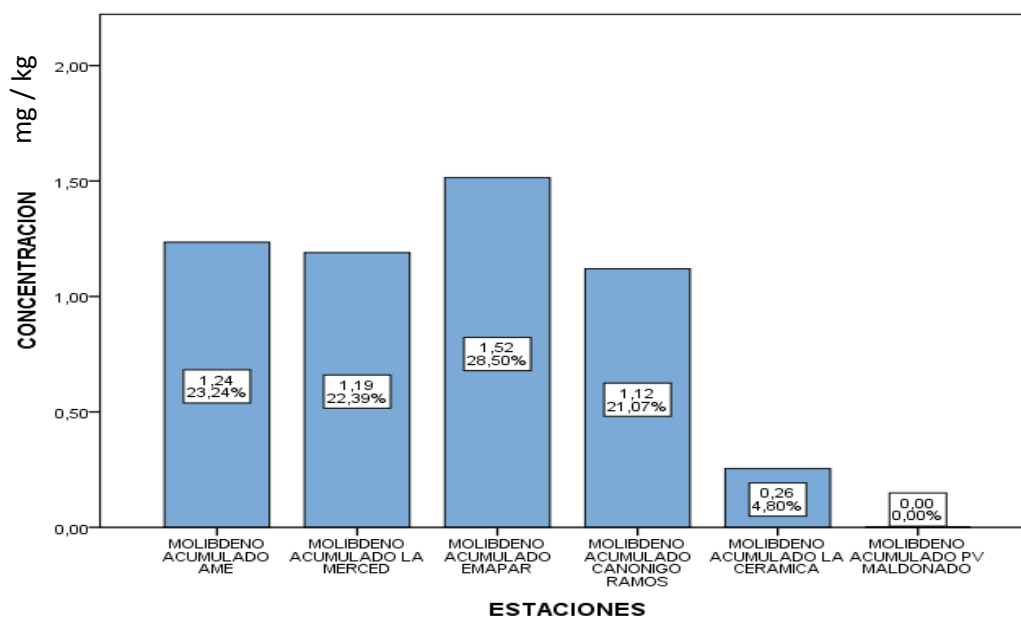


Figura 24-3 ANOVA Molibdeno

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

En la Figura 24-3 se observa que la acumulación de Molibdeno es mayor en la estación EMAPAR y no existe presencia de Molibdeno en la estación de la avenida Pedro Vicente Maldonado.

- **Análisis de normalidad y varianza (Anova) del Cobre**

Tabla 42-3 ANOVA Cobre

ANOVA de un factor

RESUMEN

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	32252739793,770	5	6450547958,754	59,019	,000
Intra-grupos	1967316823,077	18	109295379,060		
Total	34220056616,848	23			

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: No existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a la acumulación de Cobre con $p \geq 0,05$

Hi: Existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a la acumulación de Cobre con $p < 0,05$

Decisión: Como $p < 0,05$, existen argumentos para desechar Ho, por tanto, existen diferencias significativas en la acumulación de Cobre en los puntos de monitoreo.

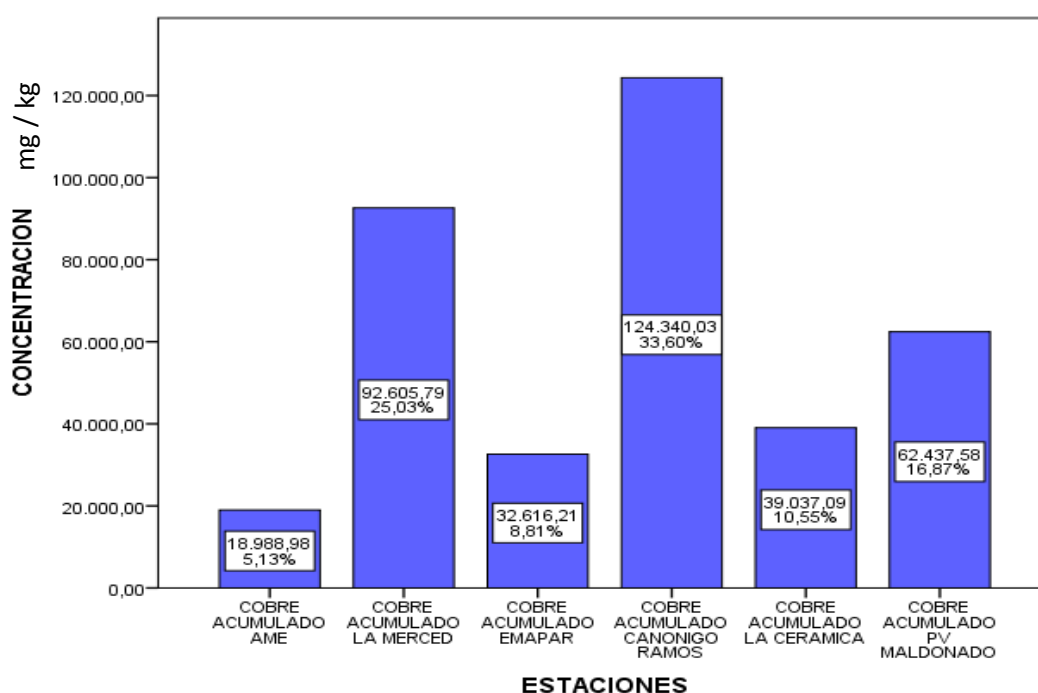


Figura 25-3 ANOVA Cobre

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

En la Figura 25-3 se observa que existe gran acumulación de Cobre en la estación de la avenida Canónigo Ramos, mientras que, la estación AME es la que menos Cobre acumula.

- **Análisis de normalidad y varianza (Anova) del Manganeso**

Tabla 43-3 ANOVA Manganeso

ANOVA de un factor

RESUMEN

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	59410311,106	5	11882062,221	8,290	,000
Intra-grupos	25798125,295	18	1433229,183		
Total	85208436,401	23			

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: No existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a la acumulación del Mn con $p \geq 0,05$

Hi: Existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a la acumulación del Mn con $p < 0,05$

Decisión: Como $p < 0,05$, existen argumentos para desechar Ho, por tanto, existen diferencias significativas en la acumulación del Manganeso en los puntos de monitoreo.

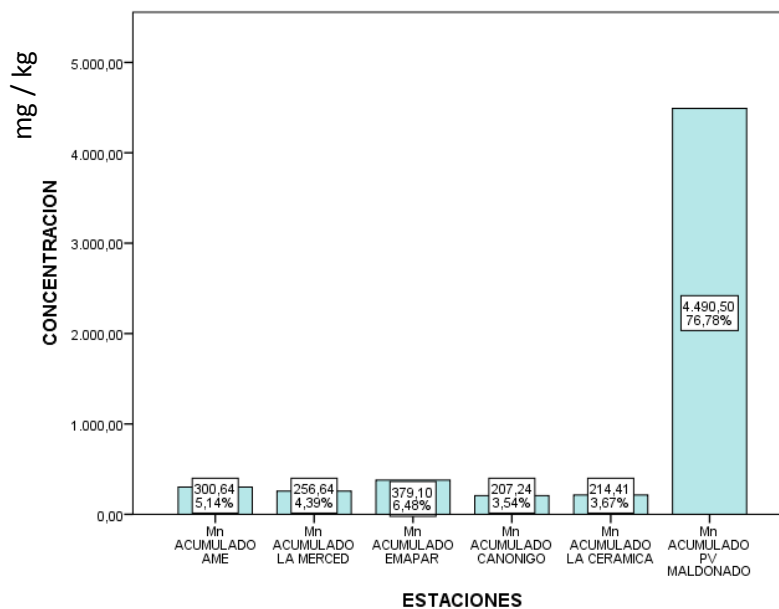


Figura 26-3 ANOVA Manganeso

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

En la Figura 26-3 se observa que existe gran acumulación de Manganeso en la estación de la avenida Pedro Vicente Maldonado, mientras que, la estación de la avenida Canónigo Ramos es la que menos Manganeso acumula.

3.5.3 Análisis Factorial

Tabla 44-3 Estadísticos descriptivos

Estadísticos descriptivos			
	Media	Desviación típica	N del análisis
Cd	,2887	,30923	24
Mo	,2967	,42095	24
Pb	27,0725	26,56085	24
Cr	9,5038	2,74478	24
Cu	16389,6854	31030,41142	24
Mn	336,4063	1155,62519	24
V	20,4142	6,09517	24
Ni	7,1671	3,85833	24
Al	7717,0713	3419,01923	24
Co	3,3279	1,40837	24
Ba	63,3817	26,75173	24
Solidos	5,9804	3,51210	24

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Tabla 45-3 Matriz de correlaciones

Matriz de correlaciones

	Cd	Mo	Pb	Cr	Cu	Mn	V	Ni	Al	Co	Ba	Solidos
Correlación Cd	1,000	,314	,082	,458	,149	-,126	-,032	,518	,414	,215	,806	-,472
Mo	,314	1,000	,007	,789	,193	-,130	,498	,507	,245	,840	,544	-,514
Pb	,082	,007	1,000	,131	,771	-,170	-,193	-,393	-,227	-,080	-,051	-,067
Cr	,458	,789	,131	1,000	,118	-,161	,570	,627	,488	,646	,685	-,572
Cu	,149	,193	,771	,118	1,000	-,096	-,293	-,511	-,323	,001	,094	-,271
Mn	-,126	-,130	-,170	-,161	-,096	1,000	-,076	-,112	-,042	-,150	-,245	,478
V	-,032	,498	-,193	,570	-,293	-,076	1,000	,426	,355	,542	,183	-,174
Ni	,518	,507	-,393	,627	-,511	-,112	,426	1,000	,668	,568	,612	-,302
Al	,414	,245	-,227	,488	-,323	-,042	,355	,668	1,000	,098	,468	-,216
Co	,215	,840	-,080	,646	,001	-,150	,542	,568	,098	1,000	,431	-,477
Ba	,806	,544	-,051	,685	,094	-,245	,183	,612	,468	,431	1,000	-,725
Solidos	-,472	-,514	-,067	-,572	-,271	,478	-,174	-,302	-,216	-,477	-,725	1,000

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Tabla 46-3 Prueba de Bartlett

KMO y prueba de Bartlett		
Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		,587
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	210,517
	gl	66
	Sig.	,000

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

La adecuación maestral de KMO al ser mayor a 0.5 es la adecuada.

Planteamiento de la hipótesis

Ho: No se puede realizar DCP con $p \geq 0.05$, en la prueba de esfericidad de Bartlett.

Hi: Se puede realizar DCP con $p \leq 0.05$, en la prueba de esfericidad de Bartlett.

Decisión: como $p \leq 0.05$, no existen argumentos para rechazar Ho, por tanto, se puede realizar DCP.

Tabla 47-3 Comunalidades

Comunalidades		
	Inicial	Extracción
Cd	1,000	,809
Mo	1,000	,853
Pb	1,000	,694
Cr	1,000	,833
Cu	1,000	,889
Mn	1,000	,185
V	1,000	,712
Ni	1,000	,879
Al	1,000	,624
Co	1,000	,824
Ba	1,000	,891
Solidos	1,000	,665

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Las comunalidades muestran que todos los elementos son susceptibles de analizarse junto con otros formando componentes.

Tabla 48-3 Varianza total explicada

Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	4,949	41,239	41,239	4,949	41,239	41,239	3,254	27,114	27,114
2	2,416	20,131	61,370	2,416	20,131	61,370	3,159	26,322	53,436
3	1,494	12,447	73,817	1,494	12,447	73,817	2,446	20,381	73,817
4	1,028	8,566	82,383						
5	,793	6,611	88,993						
6	,450	3,747	92,741						
7	,326	2,717	95,458						
8	,212	1,767	97,225						
9	,171	1,426	98,651						
10	,081	,673	99,324						
11	,053	,443	99,768						
12	,028	,232	100,000						

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

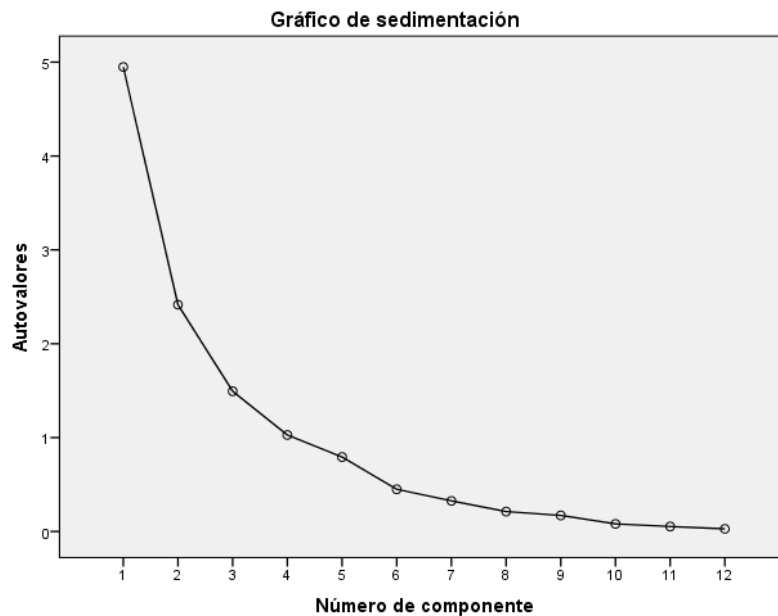


Figura 27-3 Gráfico de sedimentación

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Tabla 49-3 Matriz de componentes rotados

Matriz de componentes rotados^a

	Componente		
	1	2	3
Cd	,899	-,005	,000
Ba	,896	,293	,033
Solidos	-,667	-,390	,262
Al	,567	,141	,532
Mn	-,328	-,128	,246
Co	,181	,889	,000
Mo	,323	,859	-,104
V	-,059	,780	,316
Cr	,541	,735	-,020
Cu	,137	,002	-,933
Pb	,069	-,038	-,829
Ni	,557	,452	,603

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Gráfico de componentes en espacio rotado

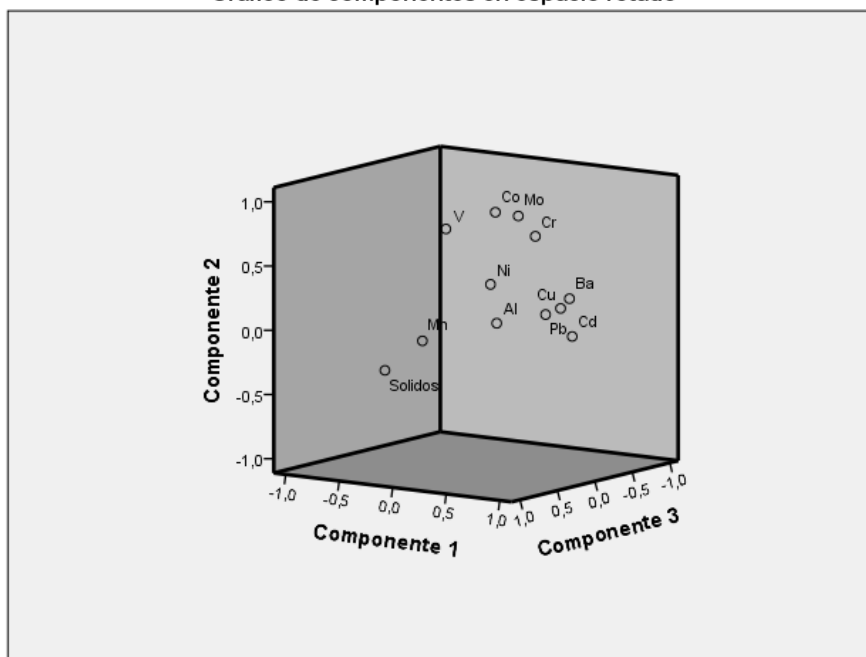


Figura 28-3 Gráfico de componentes en espacio rotado

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

La tabla de estadísticos descriptivos muestra la desviación típica y la media para cada elemento analizado. Para este caso tenemos valores de media muy altos para el Cobre (Cu) y Aluminio (Al), los cuales podrían causar problemas para continuar con el análisis, debido a que estarían opacando otros posibles resultados importantes.

La matriz de correlaciones presenta como se correlaciona los metales entre sí, existiendo correlaciones muy altas como en el caso del Bario y Cobalto con una relación de 0.840, mientras que existen otros metales que definitivamente no se relacionan entre sí por eso presentan un valor negativo.

El valor de KMO al ser mayor a 0.50 (50%), indica que es viable continuar con el análisis.

La varianza total explicada muestra que los metales pesados analizados, se pueden agrupar en tres componentes, los cuales explican el 73.81% del problema de contaminación ambiental.

El gráfico de sedimentación representa que existen tres puntos sobre el autovalor 1, lo que nos indica que los metales analizados se dividen en 3 componentes.

La matriz de componentes rotados muestran los tres componentes en los que se dividió los metales pesados, teniendo así: en el primer componente: Cobalto (Co), Molibdeno (Mo), Vanadio (V) y Cromo (Cr); en el segundo componente esta: Cadmio (Cd), Bario (Ba), Aluminio (Al) y Níquel (Ni); en el tercer componente esta: Cobre (Cu) y Plomo (Pb). Los sólidos y Manganeseo (Mn) no se relacionan con ningún otro metal, es decir no forman parte de ningún componente, por lo que, para el siguiente análisis se procede a realizar la reducción de dimensiones de estos dos metales

El gráfico de componentes en espacio rotado representa de una forma más dinámica los tres componentes que tenemos, sin embargo, no existe una diferenciación muy clara, ya que los metales pesados se ubican en un solo plano y en algunos casos en la mitad.

Tabla 50-3 Estadísticos descriptivos

Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación típica	N del análisis
Cd	,2887	,30923	24
Mo	,2967	,42095	24
Pb	27,0725	26,56085	24
Cr	9,5038	2,74478	24
Cu	16389,6854	31030,41142	24
V	20,4142	6,09517	24
Ni	7,1671	3,85833	24
Al	7717,0713	3419,01923	24
Co	3,3279	1,40837	24
Ba	63,3817	26,75173	24

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Tabla 51-3 Matriz de correlaciones

Matriz de correlaciones^a

	Cd	Mo	Pb	Cr	Cu	V	Ni	Al	Co	Ba	
Correlación	Cd	1,000	,314	,082	,458	,149	-,032	,518	,414	,215	,806
	Mo	,314	1,000	,007	,789	,193	,498	,507	,245	,840	,544
	Pb	,082	,007	1,000	,131	,771	-,193	-,393	-,227	-,080	-,051
	Cr	,458	,789	,131	1,000	,118	,570	,627	,488	,646	,685
	Cu	,149	,193	,771	,118	1,000	-,293	-,511	-,323	,001	,094
	V	-,032	,498	-,193	,570	-,293	1,000	,426	,355	,542	,183
	Ni	,518	,507	-,393	,627	-,511	,426	1,000	,668	,568	,612
	Al	,414	,245	-,227	,488	-,323	,355	,668	1,000	,098	,468
	Co	,215	,840	-,080	,646	,001	,542	,568	,098	1,000	,431
	Ba	,806	,544	-,051	,685	,094	,183	,612	,468	,431	1,000

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Tabla 52-3 Prueba de Bartlett

KMO y prueba de Bartlett

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		,606
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	186,219
	Gl	45
	Sig.	,000

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

La adecuación muestral de KMO al ser mayor a 0.5 es la adecuada.

Planteamiento de la hipótesis

Ho: No se puede realizar DCP con $p \geq 0.05$, en la prueba de esfericidad de Bartlett.

Hi: Se puede realizar DCP con $p \leq 0.05$, en la prueba de esfericidad de Bartlett.

Decisión: como $p \leq 0.05$, no existen argumentos para rechazar Ho, por tanto, se puede realizar DCP.

Tabla 53-3 Comunalidades

Comunalidades

	Inicial	Extracción
Cd	1,000	,867
Mo	1,000	,872
Pb	1,000	,749
Cr	1,000	,862
Cu	1,000	,929
V	1,000	,711
Ni	1,000	,888
Al	1,000	,637
Co	1,000	,821
Ba	1,000	,855

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Las comunalidades muestran que todos los elementos son susceptibles de analizarse juntos con otros, formando componentes.

Tabla 54-3 Varianza total explicada

Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	4,495	44,953	44,953	4,495	44,953	44,953	3,070	30,705	30,705
2	2,215	22,149	67,102	2,215	22,149	67,102	2,814	28,143	58,848
3	1,481	14,805	81,907	1,481	14,805	81,907	2,306	23,059	81,907
4	,760	7,604	89,511						
5	,335	3,355	92,866						
6	,321	3,207	96,073						
7	,187	1,867	97,940						
8	,112	1,123	99,063						
9	,061	,606	99,668						
10	,033	,332	100,000						

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

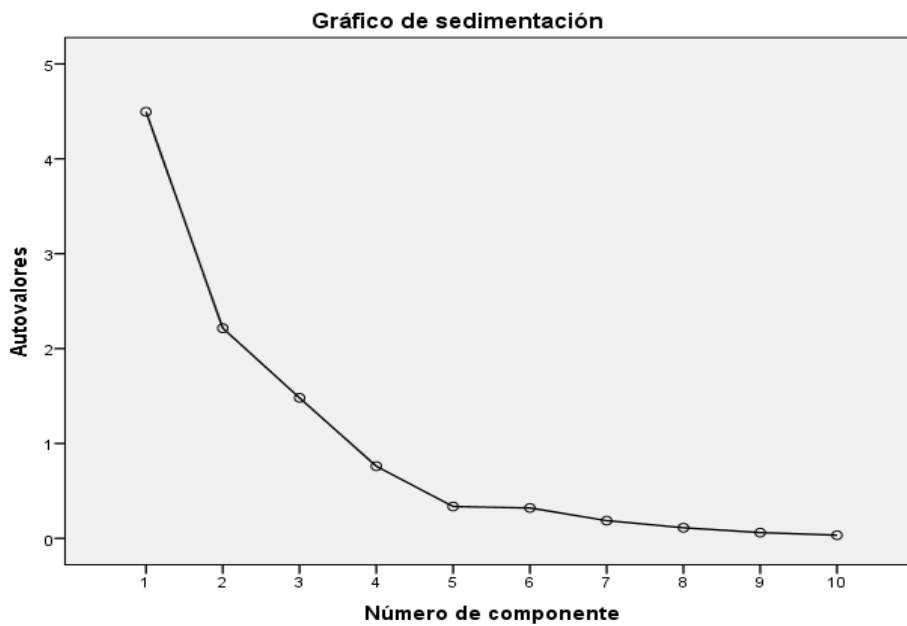


Figura 29-3 Gráfico de sedimentación

Tabla 55-3 Matriz de componentes rotados

Matriz de componentes rotadosa

	Componente		
	1	2	3
Co	,895	,144	
Mo	,875	,295	,141
V	,770		-,342
Cr	,755	,532	
Cd		,919	,148
Ba	,320	,865	
Al	,150	,654	-,432
Ni	,463	,634	-,522
Cu			,963
Pb			,865

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Gráfico de componentes en espacio rotado

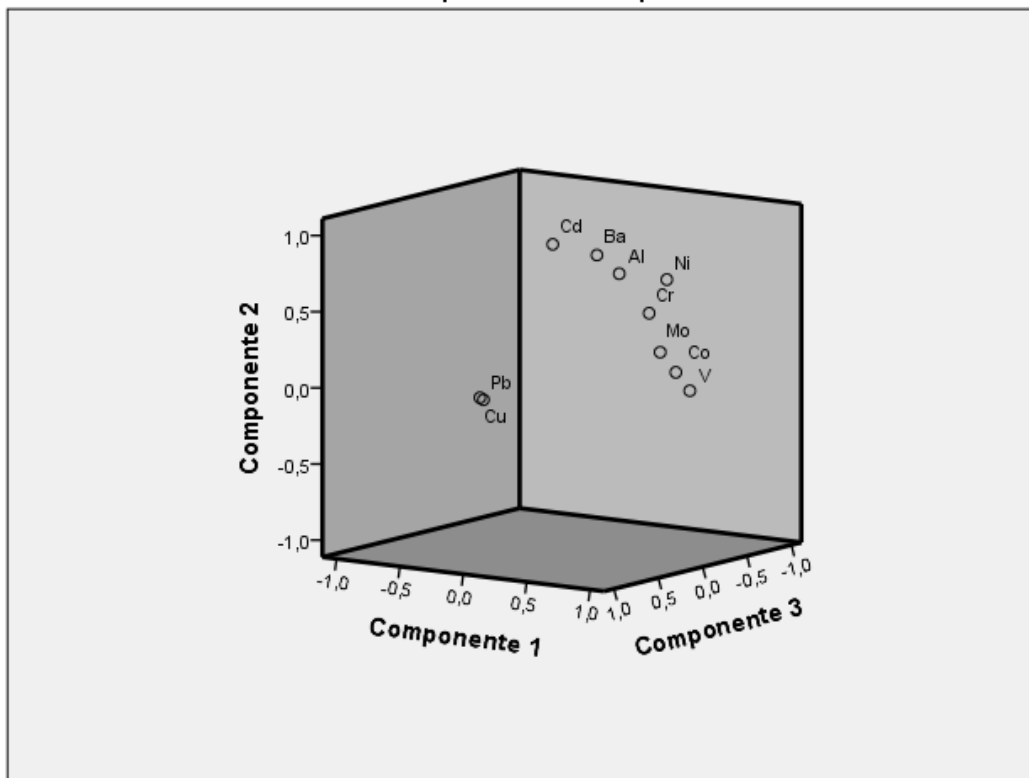


Figura 30-3 Gráfico de componentes en espacio rotado

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Para este análisis factorial como se mencionó anteriormente, se procedió a retirar el Manganeseo (Mn) y lo sólidos. Al eliminarlos se obtuvo mejores resultados, el valor de KMO incrementó, indicando que el análisis factorial es significativo, también la varianza total explicada aumento ahora existen tres componentes de igual manera, pero estos explican el 81.90% del problema de contaminación del aire por metales.

La matriz de componentes rotados muestran los tres componentes en las que se dividió los metales pesados analizados teniendo así: en el primer componente: Cobalto (Co), Molibdeno (Mo), Vanadio (V) y Cromo (Cr); en el segundo componente al Cadmio (Cd), Bario (Ba), Aluminio (Al) y Níquel (Ni) y en el tercer componente al Cobre (Cu) y Plomo (Pb); cada uno de estos componentes explica cómo se relacionan los metales pesados entre sí.

Tabla 56-3 Estadísticos descriptivos

Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación típica	N del análisis
Cd	,2887	,30923	24
Mo	,2967	,42095	24
Pb	27,0725	26,56085	24
Cr	9,5038	2,74478	24
V	20,4142	6,09517	24
Ni	7,1671	3,85833	24
Co	3,3279	1,40837	24
Ba	63,3817	26,75173	24

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Tabla 57-3 Matriz de correlaciones

Matriz de correlaciones^a

	Cd	Mo	Pb	Cr	V	Ni	Co	Ba	
Correlación	Cd	1,000	,314	,082	,458	-,032	,518	,215	,806
	Mo	,314	1,000	,007	,789	,498	,507	,840	,544
	Pb	,082	,007	1,000	,131	-,193	-,393	-,080	-,051
	Cr	,458	,789	,131	1,000	,570	,627	,646	,685
	V	-,032	,498	-,193	,570	1,000	,426	,542	,183
	Ni	,518	,507	-,393	,627	,426	1,000	,568	,612
	Co	,215	,840	-,080	,646	,542	,568	1,000	,431
	Ba	,806	,544	-,051	,685	,183	,612	,431	1,000

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Tabla 58-3 Prueba de Bartlett

KMO y prueba de Bartlett

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.	,596
Chi-cuadrado	124,26
Prueba de esfericidad de Bartlett	4
gl	28
Sig.	,000

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

La adecuación maestral de KMO al ser mayor a 0.5 es la adecuada.

Planteamiento de la hipótesis

Ho: No se puede realizar DCP con $p \geq 0.05$, en la prueba de esfericidad de Bartlett.

Hi: Se puede realizar DCP con $p \leq 0.05$, en la prueba de esfericidad de Bartlett.

Decisión: como $p \leq 0.05$, no existen argumentos para rechazar Ho, por tanto, se puede realizar DCP.

Tabla 59-3 Comunalidades

Comunalidades

	Inicial	Extracción
Cd	1,000	,908
Mo	1,000	,838
Pb	1,000	,943
Cr	1,000	,869
V	1,000	,731
Ni	1,000	,831
Co	1,000	,789
Ba	1,000	,890

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Tabla 60-3 Varianza total explicada

Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	4,165	52,057	52,057	4,165	52,057	52,057	3,068	38,351	38,351
2	1,446	18,073	70,130	1,446	18,073	70,130	2,447	30,585	68,936
3	1,189	14,858	84,988	1,189	14,858	84,988	1,284	16,052	84,988
4	,505	6,310	91,298						
5	,284	3,548	94,846						
6	,227	2,843	97,689						
7	,127	1,593	99,282						
8	,057	,718	100,000						

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

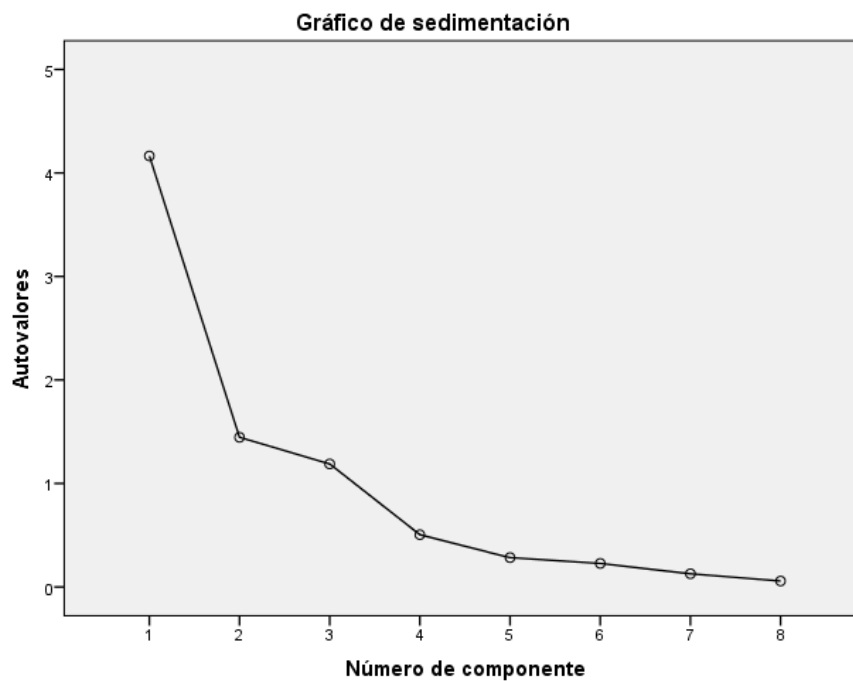


Figura 31-3 Gráfico de sedimentación

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Tabla 61-3 Matriz de componentes rotados

Matriz de componentes rotados^a

	Componente		
	1	2	3
Co	,862	,203	
Mo	,854	,322	
V	,811	-,123	-,242
Cr	,777	,500	,126
Cd		,951	
Ba	,311	,890	
Ni	,488	,582	-,503
Pb			,971

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

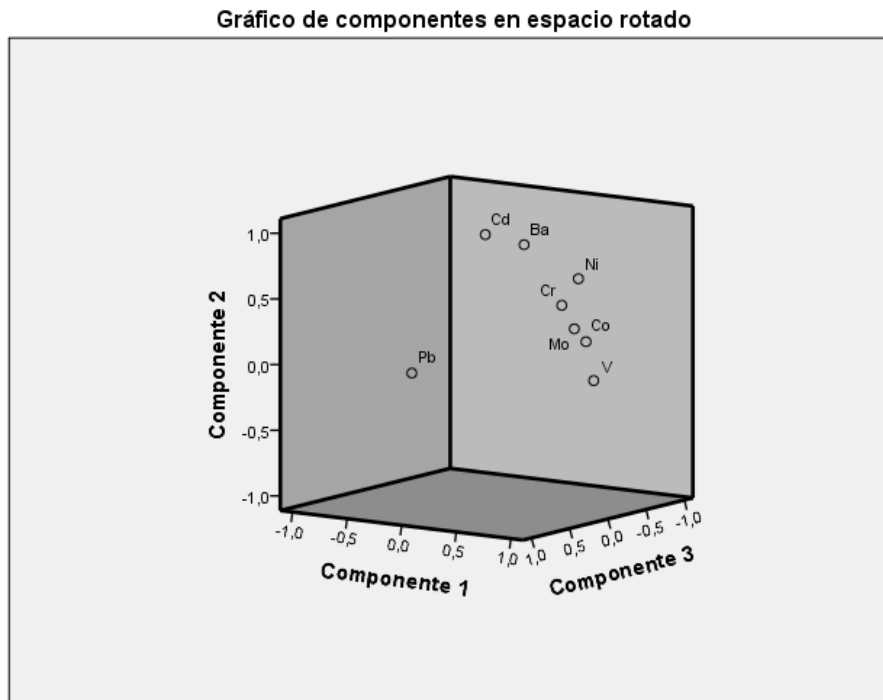


Figura 32-3 Gráfico de componentes en espacio rotado

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Como se mencionó y para hacer un análisis estadístico más profundo, para la reducción de dimensiones se escogió al Cobre (Cu) y Aluminio (Al), los cuales tenían los valores de media más altos.

La matriz de varianzas total explicada muestra que los metales analizados se distribuyeron en 3 componentes, los cuales explican el 84.98% del problema de contaminación del aire.

La matriz de componentes rotados presenta los tres componentes, los cuales son: primer componente formado por: Cobalto (Co), Molibdeno (Mo), Vanadio (V) y Cromo (Cr); segundo componente: Cadmio (Cd), Bario (Ba) y Níquel (Ni) y finalmente el Plomo (Pb) en el tercer componente.

Tabla 62-3 Estadístico descriptivos

Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación típica	N del análisis
Cd	,2887	,30923	24
Mo	,2967	,42095	24
Cr	9,5038	2,74478	24
V	20,4142	6,09517	24
Ni	7,1671	3,85833	24
Co	3,3279	1,40837	24
Ba	63,3817	26,75173	24

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Tabla 63-3 Matriz de correlacionesMatriz de correlaciones^a

	Cd	Mo	Cr	V	Ni	Co	Ba
Correlación Cd	1,000	,314	,458	-,032	,518	,215	,806
Mo	,314	1,000	,789	,498	,507	,840	,544
Cr	,458	,789	1,000	,570	,627	,646	,685
V	-,032	,498	,570	1,000	,426	,542	,183
Ni	,518	,507	,627	,426	1,000	,568	,612
Co	,215	,840	,646	,542	,568	1,000	,431
Ba	,806	,544	,685	,183	,612	,431	1,000

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Tabla 64-3 Prueba de Bartlett

KMO y prueba de Bartlett

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.	,757
Chi-cuadrado aproximado	108,808
Prueba de esfericidad de Bartlett gl	21
Sig.	,000

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

La adecuación maestra de KMO al ser mayor a 0.5 es la adecuada.

Planteamiento de la hipótesis

Ho: No se puede realizar DCP con $p \geq 0.05$, en la prueba de esfericidad de Bartlett.

Hi: Se puede realizar DCP con $p \leq 0.05$, en la prueba de esfericidad de Bartlett.

Decisión: como $p \leq 0.05$, no existen argumentos para rechazar Ho, por tanto, se puede realizar DCP

Tabla 65-3 Comunalidades

Comunalidades

	Inicial	Extracción
Cd	1,000	,904
Mo	1,000	,799
Cr	1,000	,819
V	1,000	,718
Ni	1,000	,643
Co	1,000	,785
Ba	1,000	,892

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Tabla 66-3 Varianza total explicada

Varianza total explicada

Compon ente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulad o	Total	% de la varianza	% acumulad o	Total	% de la varianza	% acumulad o
1	4,155	59,354	59,354	4,155	59,354	59,354	3,033	43,328	43,328
2	1,405	20,073	79,427	1,405	20,073	79,427	2,527	36,099	79,427
3	,561	8,012	87,439						
4	,414	5,913	93,352						
5	,230	3,283	96,635						
6	,142	2,022	98,657						
7	,094	1,343	100,000						

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

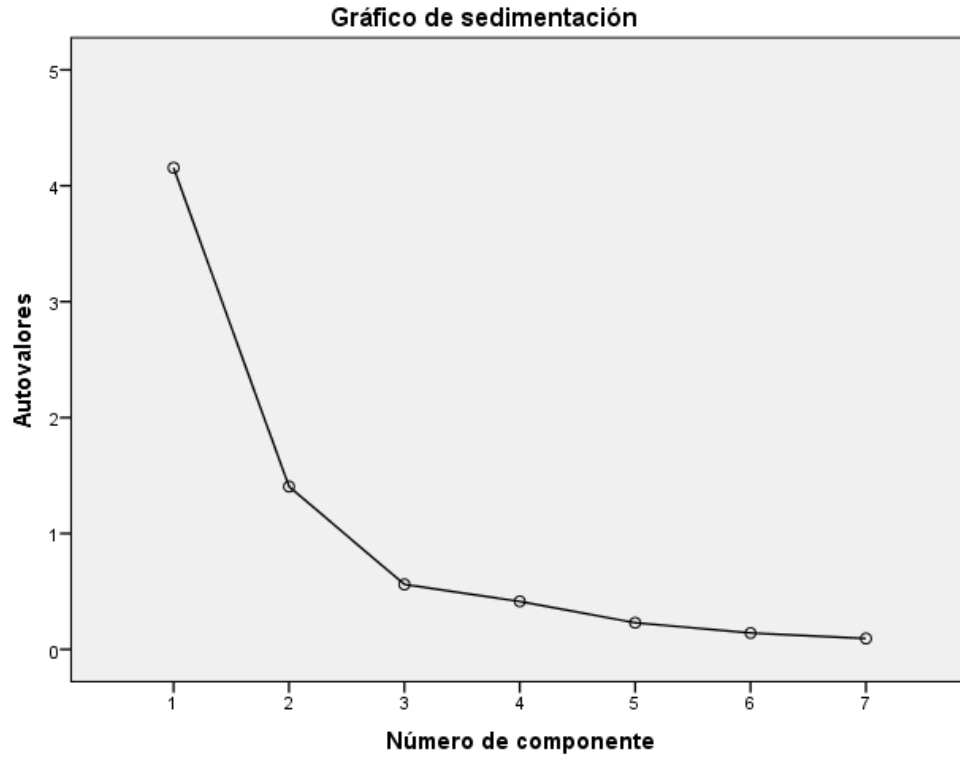


Figura 33-3 Gráfico de sedimentación

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Tabla 67-3 Matriz de componentes rotados

Matriz de componentes rotados^a

	Componente	
	1	2
Co	,856	,230
V	,842	
Mo	,823	,349
Cr	,740	,521
Cd		,951
Ba	,285	,900
Ni	,535	,598

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

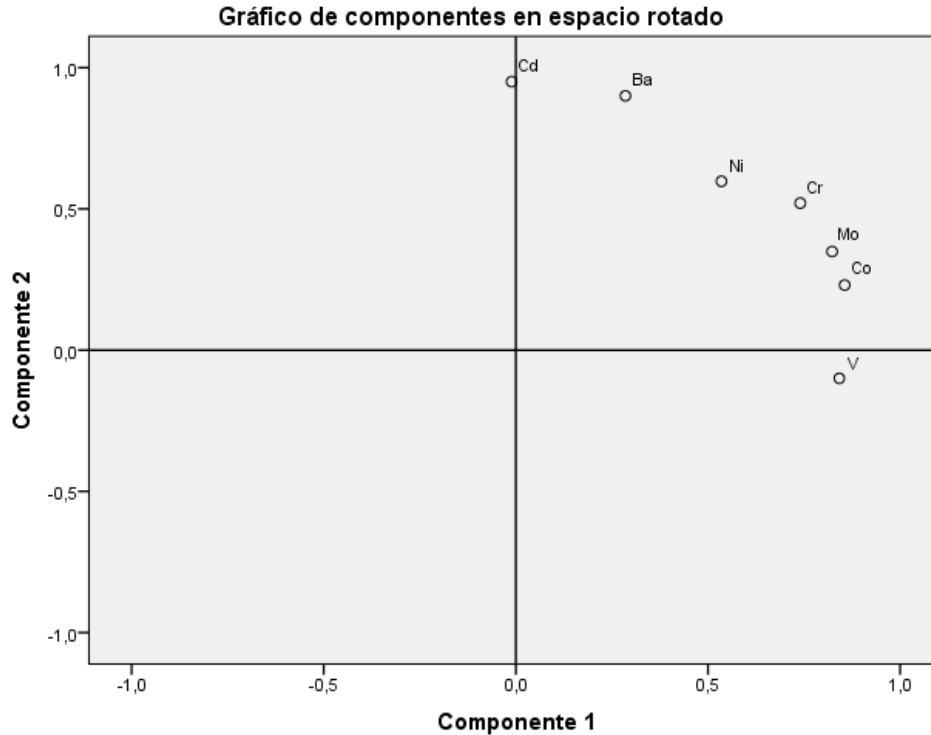


Figura 34-3 Gráfico de componentes en espacio rotado

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

Como en el anterior análisis factorial el metal pesado Plomo (Pb) no pertenece a ninguno de los tres componentes, se decidió dejarlo de lado por el momento.

La matriz de estadísticos descriptivos ahora presenta valores de media, ligeramente pequeños, lo que permite analizar los datos de mejor manera.

El valor de KMO nuevamente aumento, confirmando que el análisis factorial es significativo.

La matriz de varianzas total explicadas ahora muestra tan solo dos componentes, los cuales tienen el 79.42% del problema ambiental analizado.

En la matriz de componentes rotados ahora tiene dos componentes, los cuales son: el primer componente: Cobalto (Co), Vanadio (V), Molibdeno (Mo), Cromo (Cr) y el segundo componente Cadmio (Cd), Bario (Ba) y Níquel (Ni).

Al primer y al segundo componente para mejor comprensión y análisis se decidió denominarlos como micronutrientes y toxicantes, respectivamente.

Micronutrientes: son elementos que las plantas y animales necesitan para desarrollar un ciclo de vida normal, pasadas las cantidades umbrales puede llegar a ser elementos tóxicos; dentro de este grupo se encuentran los siguientes elementos químicos: Arsénico (As), Boro (B), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Manganeso (Mn), Selenio (Se) y Zinc (Zn) (Dr. Aguilar Ruiz & otros, 1999). Adicionalmente se menciona al Vanadio (V) como micronutriente esencial. Los micronutrientes pueden estar presentes en la naturaleza por procesos de meteorización de las rocas lo que se denomina geo disponibilidad, pero por éste procesos el aporte de metales pesados es mínimo, por el contrario, la actividad antropológica tiene mayor aporte. (Galán Huertos & Romero Baena, 2008).

Toxicantes: cuya concentración en plantas puede causar daños como despigmentación o decrecimiento, mientras que en los seres humanos causa enfermedades de todo tipo y en algunos casos hasta la muerte. Entre estos se encuentran: Bario (Ba), Bismuto (Bi), Cadmio (Cd), Mercurio (Hg), Plomo (Pb), Antimonio (Sb) y Talio (Tl). (Dr. Aguilar Ruiz & otros, 1999) Cromo (Cr), Níquel (Ni), Plata (Ag) y finalmente Berilio (Be) muy toxico. (Galán Huertos & Romero Baena, 2008)

Algunas plantas tienen una mayor o menor capacidad de bioacumular metales pesados, dependiendo de la especie vegetal y la naturaleza del contaminante. La acumulación se puede dar en diferentes partes de la planta como en las raíces, hojas, frutos. Por ejemplo el Níquel se puede acumular en las hojas y frutos; mientras que, el Plomo se acumula solo en las raíces de las plantas (Prieto Mendez & al., 2009).

A continuación tenemos el índice de bioacumulación de algunos metales.

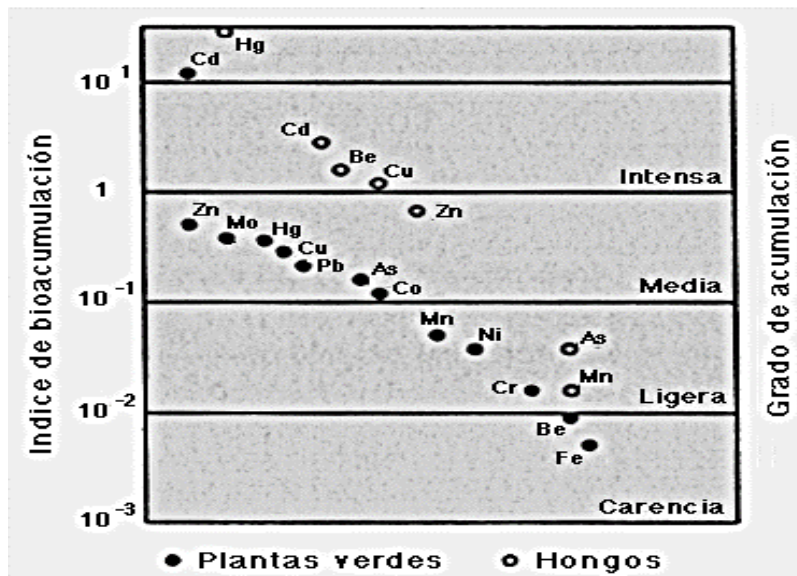


Figura 35-3 Grado de acumulación de metales pesados

Fuente: (Prieto Mendez, et al., 2009, pág. 38)

Variabilidad de metales pesados

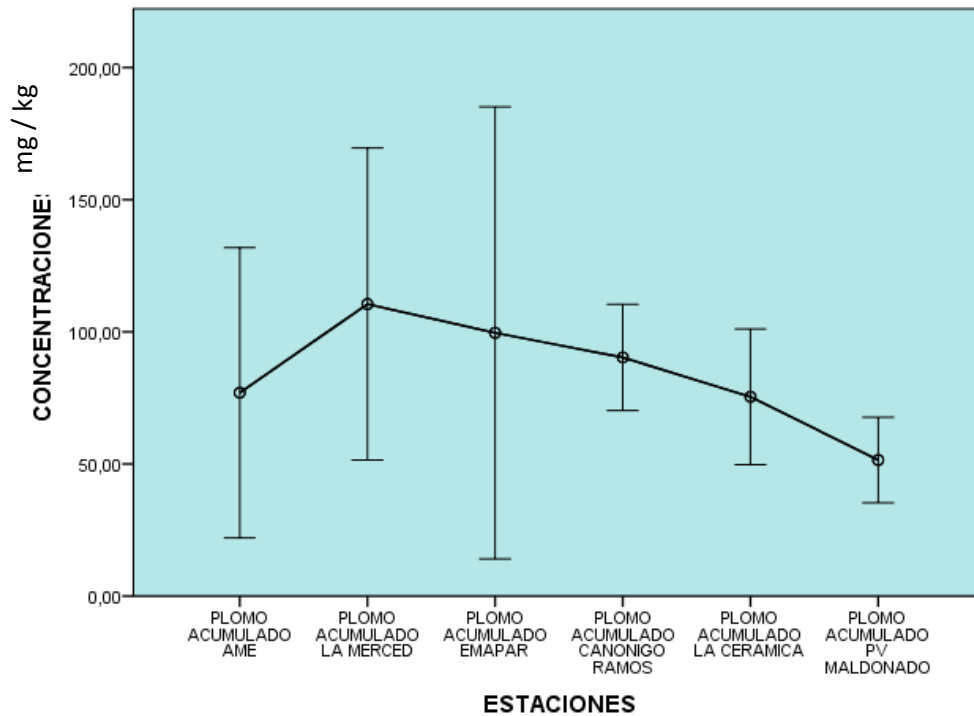


Figura 36-3 Variabilidad del Plomo

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

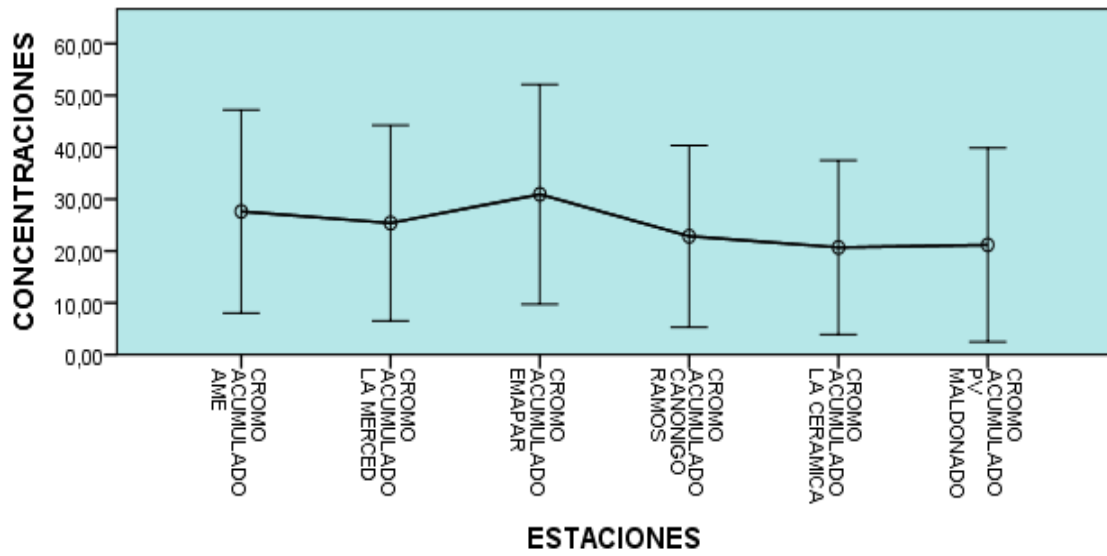


Figura 37-3 Variabilidad del Cromo

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

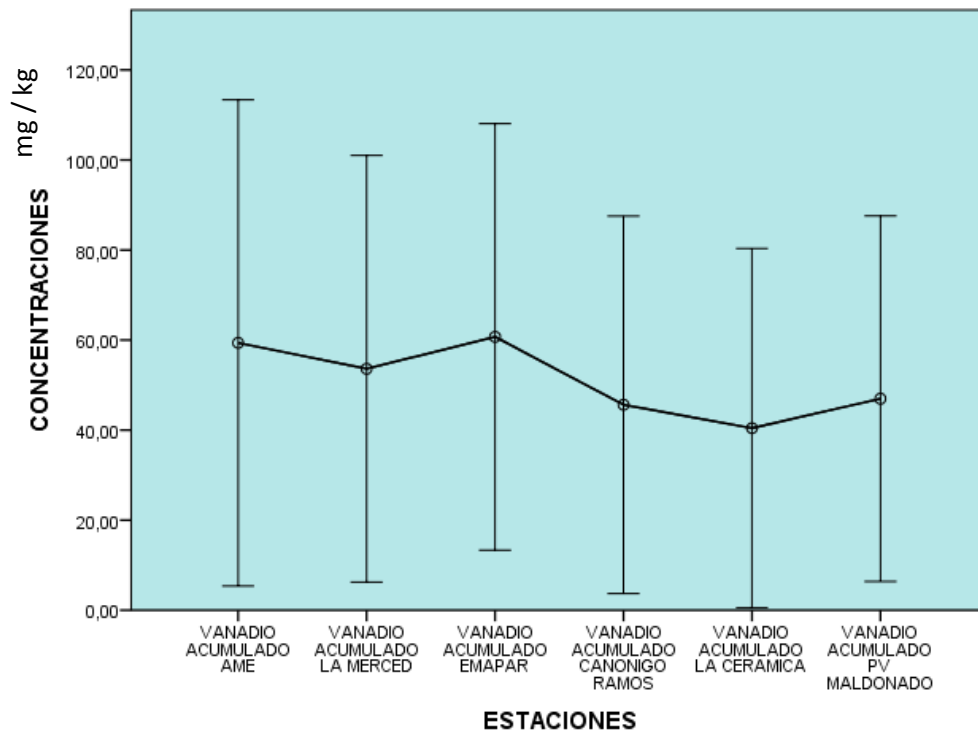


Figura 38-3 Variabilidad del Vanadio

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

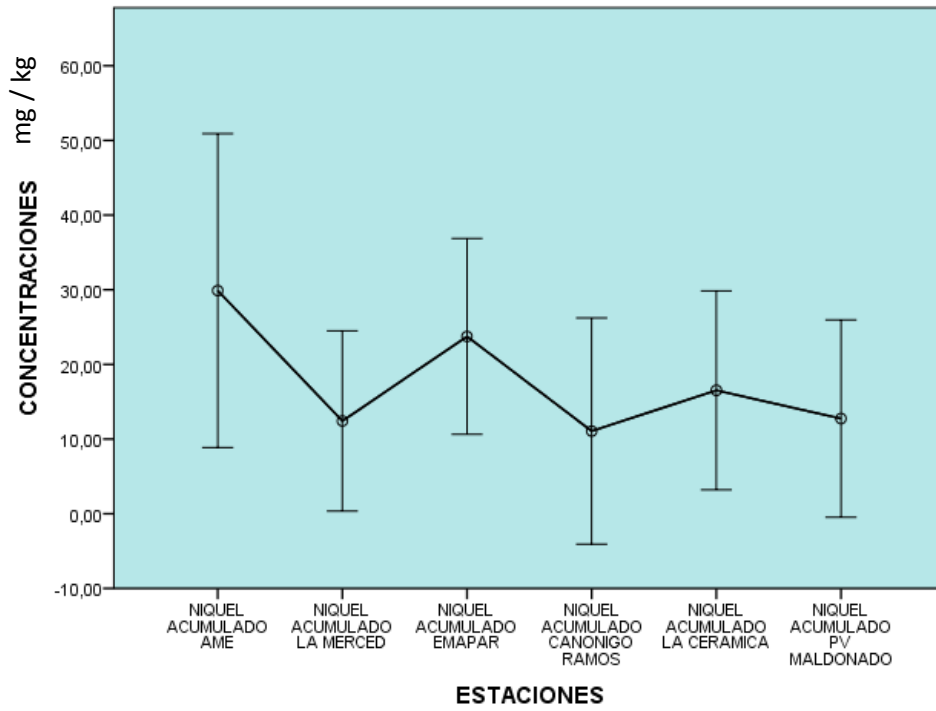


Figura 39-3 Variabilidad del Níquel

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

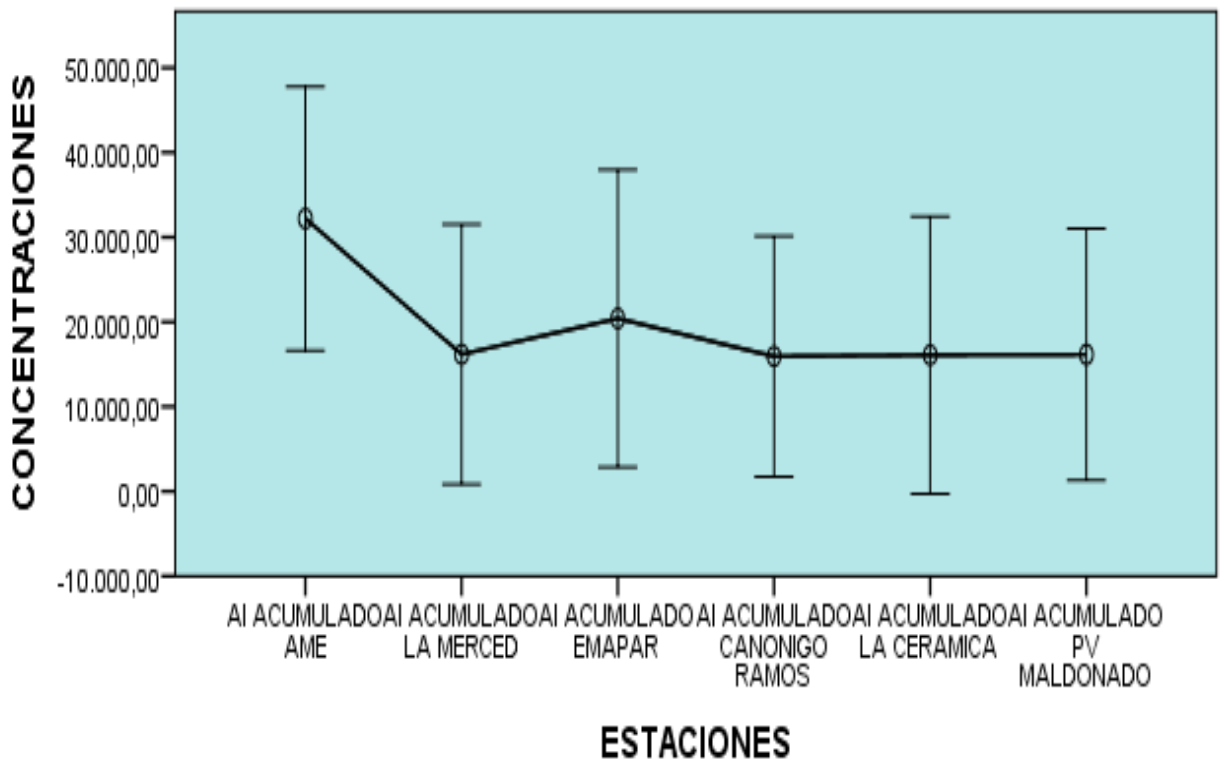


Figura 40-3 Variabilidad del Aluminio

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

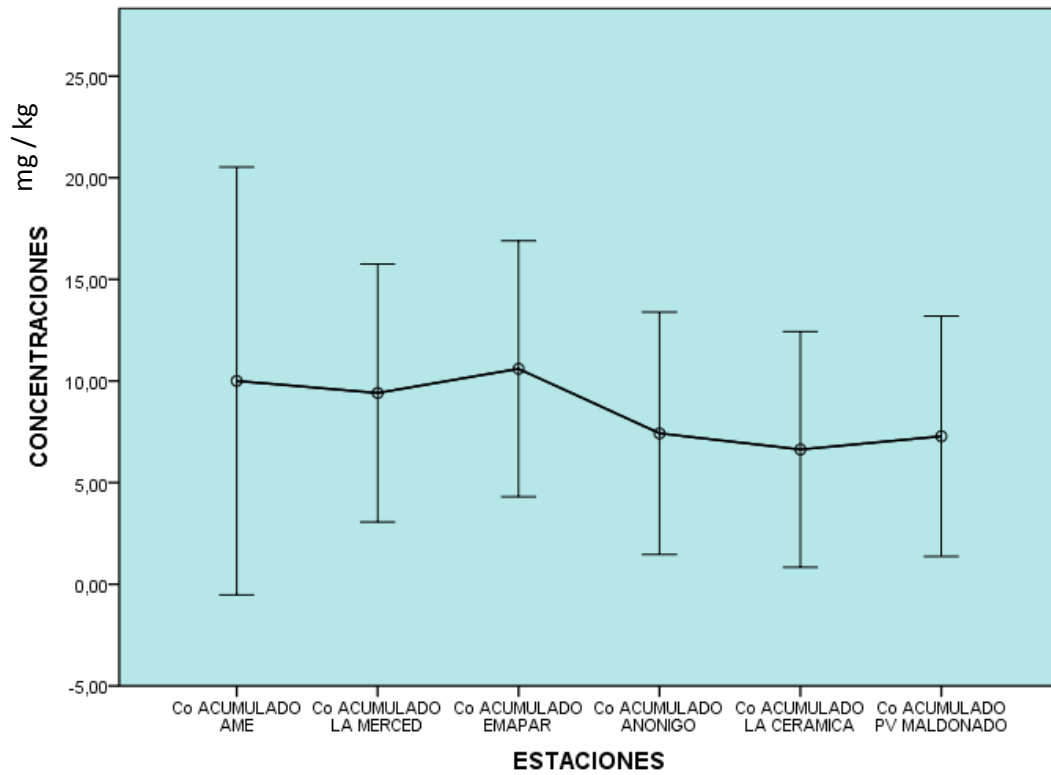


Figura 41-3 Variabilidad del Cobalto

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

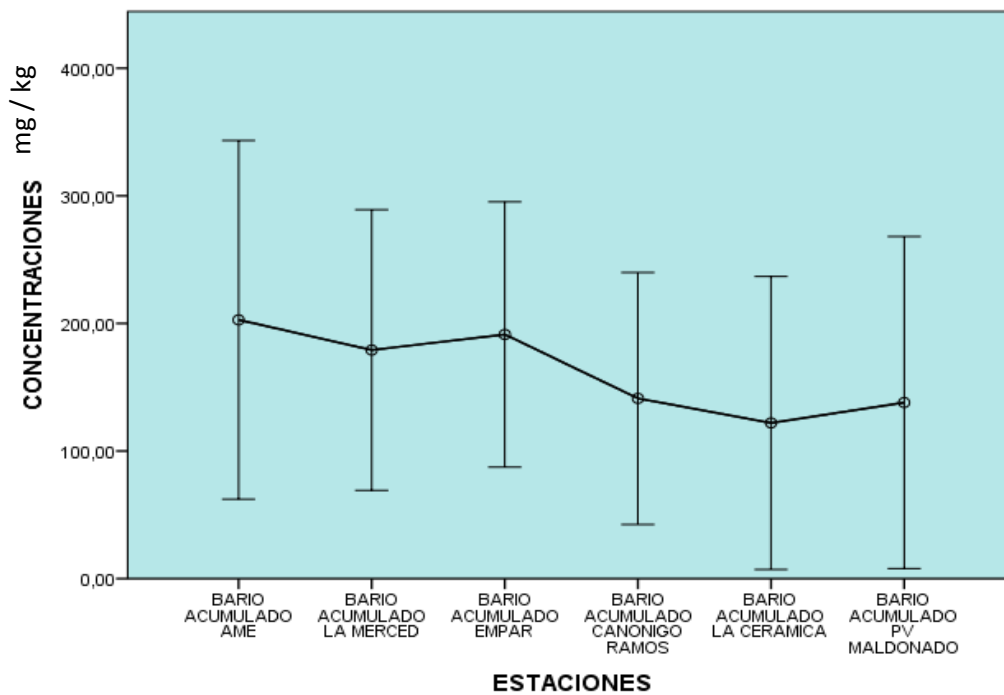


Figura 42-3 Variabilidad del Bario

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

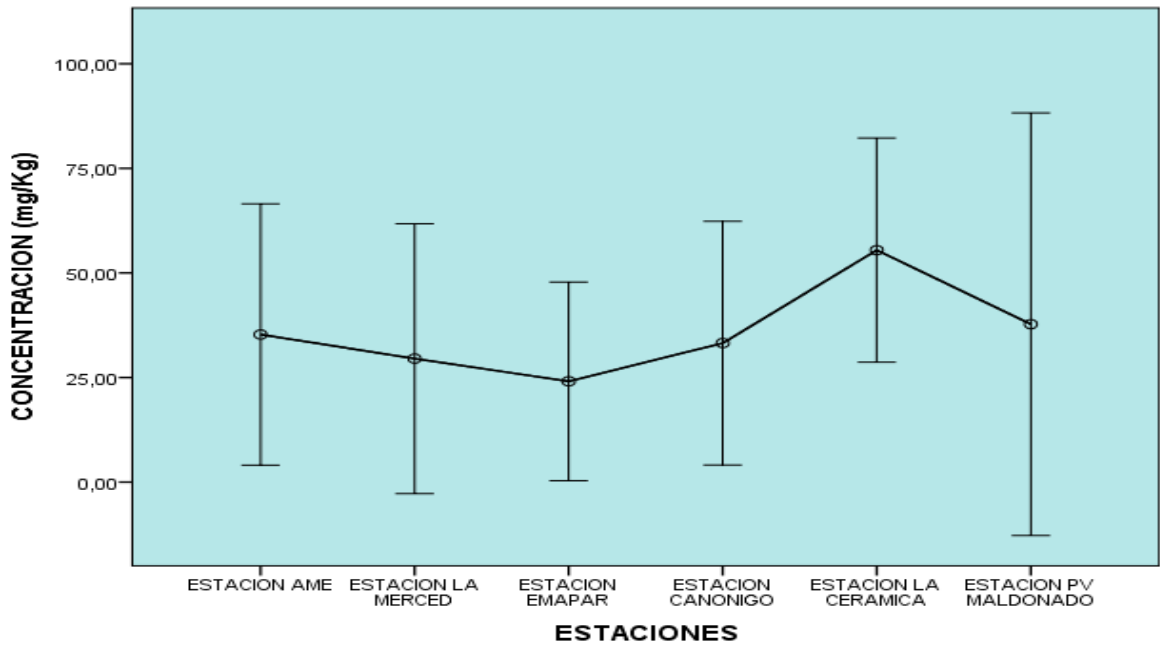


Figura 43-3 Variabilidad de sólidos

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

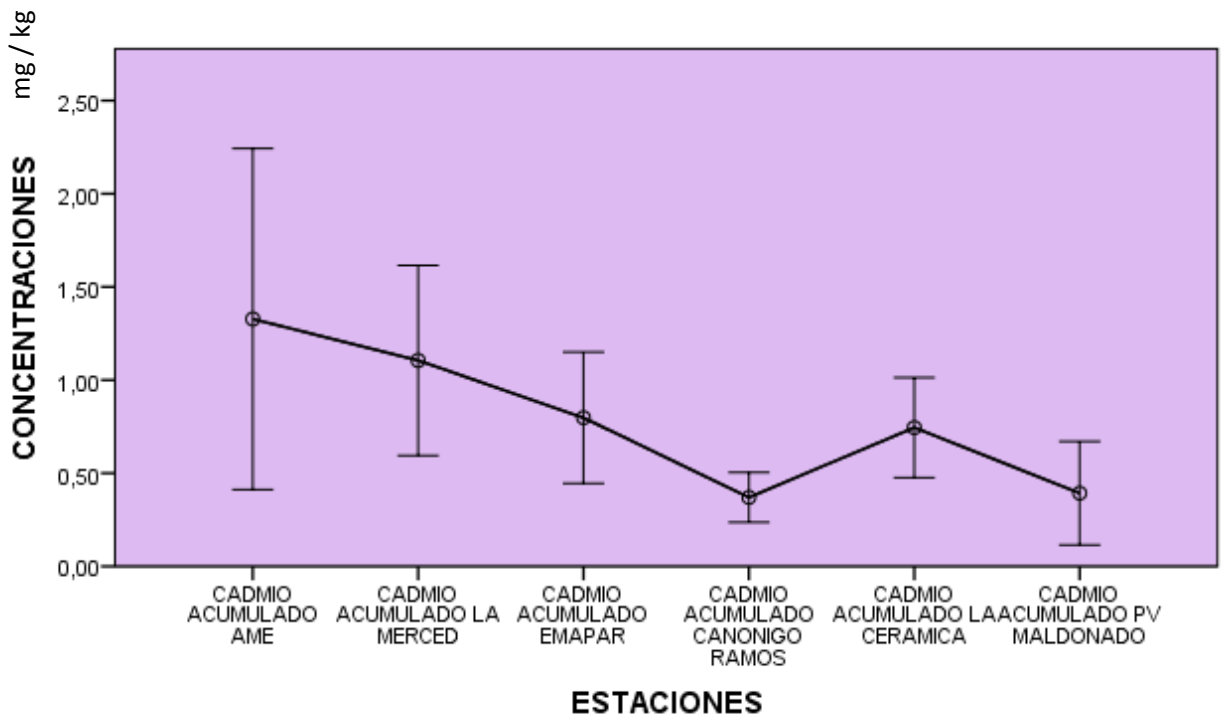


Figura 44-3 Variabilidad del Cadmio

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

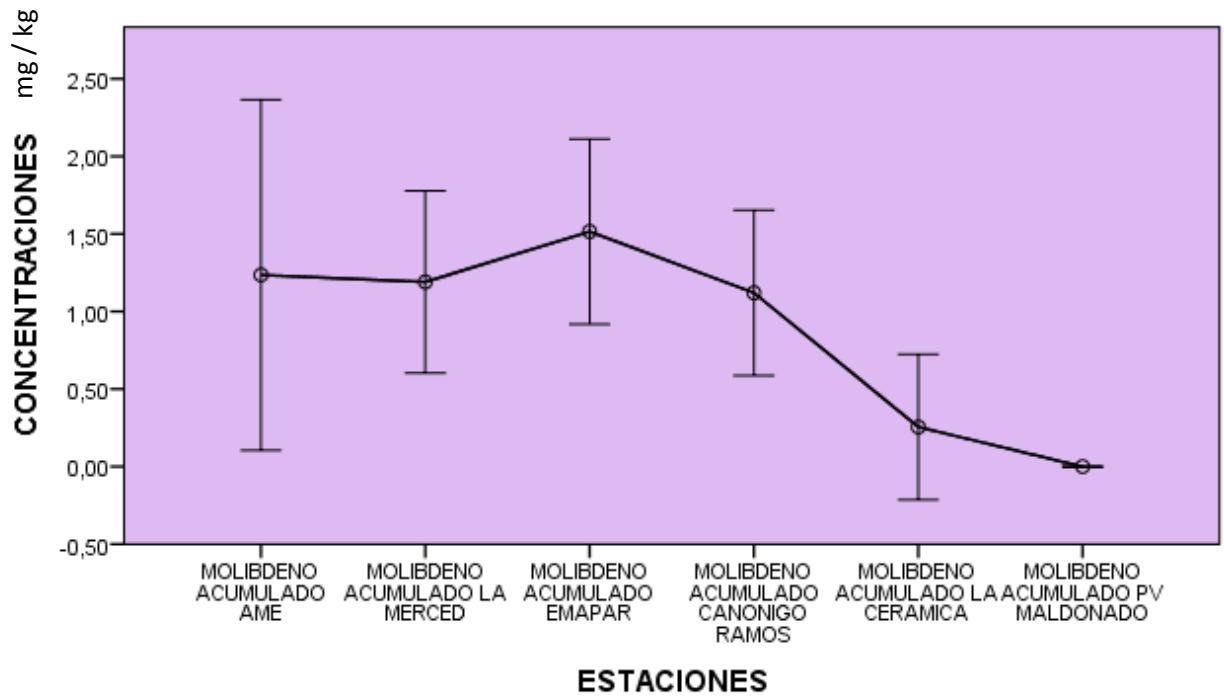


Figura 45-3 Variabilidad del Molibdeno

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

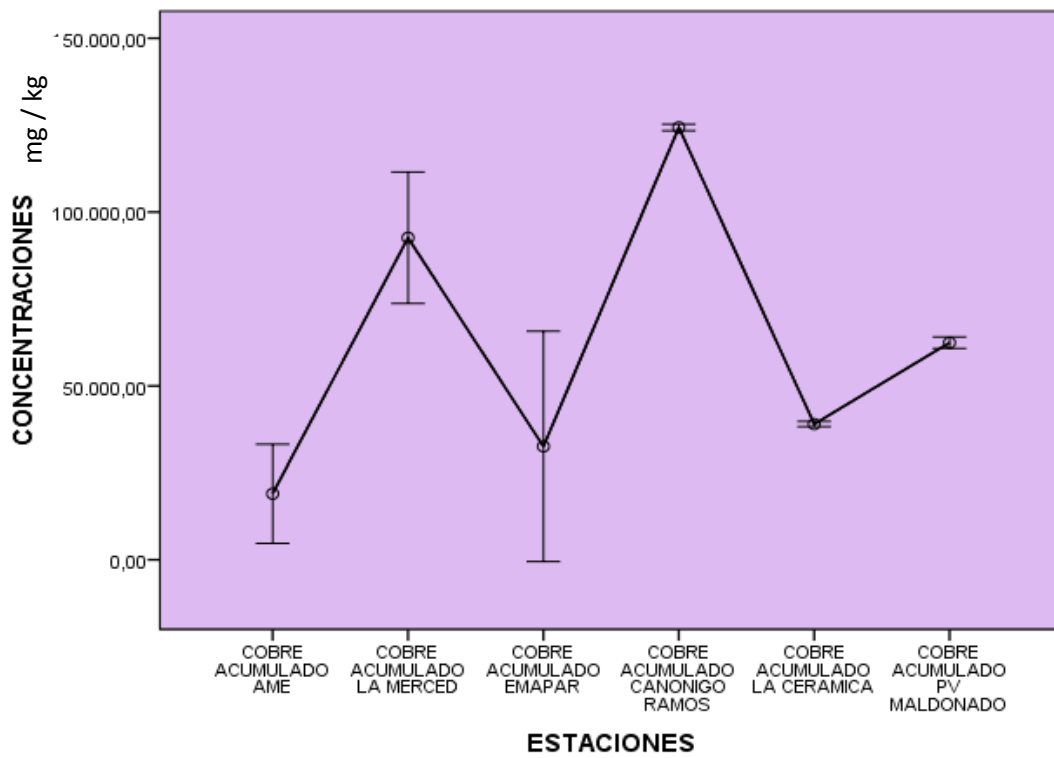


Figura 46-3 Variabilidad del Cobre

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

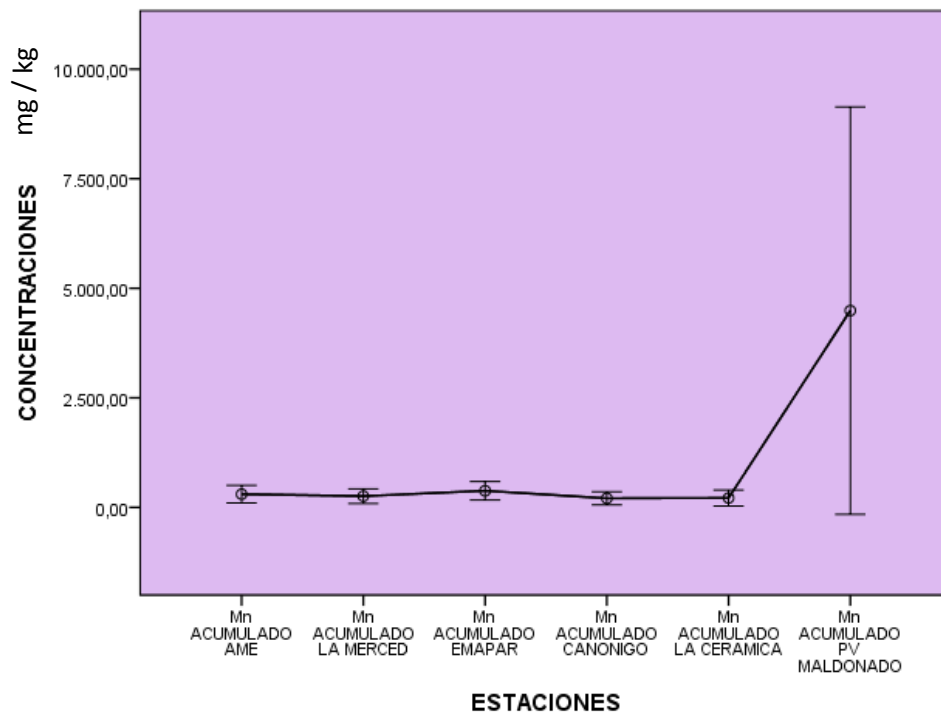


Figura 47-3 Variabilidad del Manganeso

Elaborado por: Mejía Garcés, Jessica, 2016

CONCLUSIONES

- Los puntos de muestreo fueron seleccionados de manera aleatoria, tomando 6 zonas, denominadas: estación AME, estación La Merced, estación EMAPAR, estación avenida Pedro Vicente Maldonado, estación avenida Canónigo Ramos y estación La Cerámica, las cuales se encuentran distribuidas en toda la ciudad de Riobamba. Algunos puntos son muy importantes para el monitoreo de los diferentes metales pesados, la mayor cantidad del Plomo con una media de 97.12 mg/kg*mes se encuentra en la estación La Merced, lo que se debería principalmente a la combustión de los automóviles, ya que es una zona céntrica con alta circulación vehicular.

La estación AME es otro punto importante de monitoreo, ya que tiene altos niveles de Vanadio (V) con media de 42.97 mg/kg*mes, Níquel (Ni) con media de 25.64 mg/kg*mes, Aluminio (Al) con media de 30002.89 mg/kg*mes, Bario (Ba) con media de 176.25 mg/kg*mes y Cadmio (Cd) con media de 1.19 mg/kg*mes productos de la combustión, residuos de empresas metalúrgicas y soldadura y fuegos artificiales

La estación EMAPAR presenta niveles altos de Cromo (Cr) con media de 26.03mg/kg*mes, Vanadio (V) con media de 47.80mg/kg*mes y Molibdeno (Mo) con media de 1.45mg/kg*mes producto de empresas cromadoras., producto de la combustión vehicular y producto de empresas de acero, fundición de hierro y galvanoplastia, respectivamente

Estación de la avenida Canónigo Ramos presenta altos niveles de Cobre (Cu) con media de 124337.84mg/kg*mes producto de las industrias metalúrgicas.

La estación de la avenida Pedro Vicente Maldonado presenta altos niveles de Manganeso (Mn) con media de 6034.54mg/kg*mes producto de las empresas metalúrgicas y finalmente la estación La Cerámica con una media de 6.34mg/kg*mes tiene gran cantidad de sólidos.

- El análisis factorial mediante la reducción de medidas nos mostró los metales pesados más importantes en este estudio, por lo que la categorización lo hicimos a partir de este criterio, así:

Micronutrientes:

$$Co > V > Mo > Cr$$

El Cobalto (Co), Vanadio (V) y Molibdeno (Mo) ayudaría a las plantas en la fijación de nitrógeno, adicionalmente el V optimiza la productividad de la planta y el Co colabora con la síntesis de proteínas, traslación y absorción de Hierro; mientras que el Cromo (Cr) funciona como coenzima y elemento constituyente de la formación de clorofila.

Toxicantes:

$$Pb > Cd > Ba > Ni > As$$

El Plomo es un metal muy relevante debido a que se encuentra en altas cantidades lo que se produciría por procesos de combustión. El Cadmio es un metal muy toxico, adicionalmente éste se bioacumula en organismos acuáticos y plantas, llegando a biomagnificarse. El cuerpo humano no necesita del Cadmio en ninguna cantidad, hasta los niveles más bajos producen daños a la salud. Bario es un metal toxico y muy activo químicamente ya que reacciona con otros metales y no metales, algunos compuestos como el cloruro de Bario son muy solubles en agua por lo que causa grandes problemas de contaminación. Níquel es persistente en el ambiente, se podría acumular en las plantas causando daños sobretodo en el crecimiento, existen probabilidades de contribuir al desarrollo de cáncer de pulmón, laringe y próstata y finalmente el Arsénico que no existe dentro de la ciudad.

- Estadísticamente, algunos metales como el Plomo (Pb), Cromo (Cr), Vanadio (V), Níquel (Ni), Aluminio (Al), Cobalto (Co), Bario (Ba) y adicionalmente los sólidos no tuvieron una variabilidad significativa, por el contrario, Cadmio (Cd), Molibdeno (Mo), Cobre (Cu) y Manganeso (Mn) tienen variabilidad significativa de estación en estación. En cuanto al Selenio, Berilio, Plata y Arsénico no tenemos datos exactos debido a que, la cantidad del metal se encontraba por debajo del límite de detección del equipo de Espectrometría de

Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP). Durante el mes de febrero existo presencia de ceniza proveniente del volcán Tungurahua podría haber contribuido a la variabilidad de metales como el Manganeso, Cobre y Plomo.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere implementar equipos para el monitoreo de metales pesados en las estaciones La Merced, AME y avenida Pedro Vicente Maldonado, ya que existen cantidades importantes de metales pesados y con el tiempo podría causar daño a salud.
- Se recomienda continuar con el monitoreo y correlacionarlos con los metales pesados contenidos en material particulado PM10 y PM2.5 para futuros proyectos de investigación y modelación de metales pesados en material particulado.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ADAM Sigler, W. & BAUDER, Jim.** *Antimonio, Bario y Berilio*. [En línea] Puerto Rico, 2000, [Consulta: 22 de marzo de 2015] Disponible en: http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Antimony%20Barium%20Beryllium%202012-11-15-SP.pdf
2. **AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES (ATSDR).** *Óxidos de nitrógeno (monóxido de nitrógeno, dióxido de nitrógeno, etc.) (Nitrogen Oxides)*. [En línea] Atlanta, 2015. [Consulta: 27 de marzo de 2015] Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts175.html
3. **AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES (ATSDR).** *Módulo I - Introducción a la toxicología* [En línea] Atlanta, 2009. [Consulta: 27 de abril de 2015] Disponible en: http://www.atsdr.cdc.gov/es/training/toxicology_curriculum/modules/1/es_lecturenotes.html
4. **AGUILAR RUIZ, Jose, et al.,** *Los criterios y estándares para declarar un suelo contaminado en Andalucía y la metodología y técnicas de toma de muestras y análisis para su investigación*. [En línea] Andalucía-España, CONSEJERIA DE MEDIO AMBIENTE DE LA JUNTA DE ANDALUCIA. Consulta: 22 de mayo de 2016.] Disponible en: <http://www.ugr.es/~fjmartin/INFORMES/Criterios%20y%20estandares.pdf>
5. **AJAY, Taneja.** "*Physicochemical characteristics o PM2.5: Low, middle, and high-income group homes in Agra, India-a case study*". Atmospheric Pollution Research [En línea], 2014, (India) 5 (3), págs. 1-9. [Consulta: 25 de Junio de 2016.] Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1309104215302907>
6. **American Society for Testing and Materials (ASTM)** *Standard Test Method for Collection and Measurement of Dustfall (Settleable Particulate Matter)* [En línea] 2004. [Consulta: 17 de Junio de 2016] Disponible en: <ftp://185.72.26.245/Astm/2/01/Section%2011/ASTM1103/PDF/D1739.pdf>
7. **Bradl, H.B.** *Heavy Metals in the Environment*. Neubrucke, Germany : ELSEVIER, 2005. Vol. 6, pp. 19-21

8. **CHALACÁN JIMÉNEZ, Roberto Carlos.** *Evaluación de pm10 y pm2.5 en la ciudad de riobamba afectada por el volcán tungurahua y validación del método de análisis.* (Tesis pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.2009.
9. **COCHA TELENCHANA, Laura Susana.** *Análisis de la concentración de contaminantes so₂, no₂ y btx usando sensores pasivos.* (Tesis pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.2009.
10. **CONTRERAS L., Alfonso & MOLERO M., Mariano.** *Ciencia y Tecnología del Medioambiente* [En línea]. Madrid-España: UNED (Universidad Nacional de Educación a Distancia), 2006. [Consulta: 22 de marzo de 2016.] Disponible en: http://portal.uned.es/portal/page?_pageid=93,23377993&_dad=portal&_piref93_23376063_93_23377993_23377993.next_page=/htdocs/ficha.jsp?IdArticulo=0152501UD01A01
11. **CORLETO, Aida & CORTEZ, Dania.** *Comparación de los métodos de Bergerhoff y placas receptoras para la cuantificación de polvo atmosférico sedimentable* [En línea] (Tesis pregrado) Universidad de El Salvador, El Salvador. 2012. pp. 25-26 [Consulta: 08 de noviembre de 2015.] Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/2776/>
12. **CUSTODIO M., Jesus A.** *Estrategia Sanitaria Nacional de Atención a Personas Afectadas por Contaminación con Metales Pesados y otras Sustancias.* [En línea] (Tesis pregrado) Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Lima, Perú. 2006. pp 4-6 [Consulta: 05 de noviembre de 2015.] Disponible en <http://es.slideshare.net/jcustodio91/contaminacion-por-metales-pesados-10242598>
13. **DIAZ, Fernando.** *Metodología de Identificación y Evaluación de Riesgos para la salud en sitios contaminados* [En línea] 1999. [Consulta: 01 de Octubre de 2015.] Disponible en: <http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/bitstream/id/560/BVI00110.pdf>
14. **DIAZ SUAREZ, Valeria y PAEZ PEREZ, Carlos.** "Contaminación por material particulado en Quito y caracterización química de las muestras". ACTA NOVA, [En línea], 2006. (Ecuador), 3 (2), pp. 309-311. [Consulta: 11 de Enero de 2016.] Disponible en: http://www.academia.edu/10342786/Contaminacion_por_material_particulado_en_Quito_y_caracterizacion_quimica_de_las_muestras
15. **EPA.** *Air Quality Criteria for Particulate Matter.* [En línea] [Consulta: 12 de Marzo de 2016.] Disponible en: <https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=95398&CFID=68959519&CFOKEN=62686897>

16. **GALÁN HUERTOS, Emilio & ROMERO BAENA, Antonio.** *Contaminacion del Suelo por Metales Pesados.*, [En línea] (Tesis pregrado) Universidad de Sevilla, Sevilla - España. 2008. p.49 [Consulta: 16 de Mayo de 2016.] Disponible en: http://www.ehu.es/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf
17. **GARCIA LOZADA, Hector Manuel.** "*Evaluacion de riesgo por emisiones de particulas en fuentes estacionarias de combustion estudio de caso: Bogotá*". *Ingenieria e Investigacion* [En línea], 2009, (Bogotá) 29 (3), pp. 25-32. [Consulta: 25 de abril de 2016.] ISBN-13: 978-958-701-756-4. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092009000300028
18. **GLOBAL HEALING CENTER.** *Effects of Toxic Metals* [En línea] 2015. [Consulta: 26 de marzo de 2016.] Disponible en: <http://www.globalhealingcenter.com/natural-health/effects-of-toxic-metals/>
19. **HARRISON, Roy M.** *Pollution: Causes, Effects and Control.* Fourth edition. United Kingdom : The University of Birmingham,UK, 2001, pp. 169-192
20. **HENRY, J. Glynn y HEINKE, Gary W.** *Ingenieria Ambiental.* Segunda edicion. New York: PRENTICE HALL, 1999. p.33
21. **HERBELLO H., Paloma.** *Especiacion de metales pesados mediante la formacion de quelatos. Distribucion de las especies inorganicas de As y Cr en la Ría de Arousa.*, [En línea] (Tesis posgrado) Universidad de Santiago de Compostela, Coruña - España. 2007. pp. 5-9. [Consulta: 16 de Mayo de 2016.] Disponible en: http://www.ehu.es/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf
22. **INNOVITA. HEALTH THROUGHT REAL INNOVATION.** *Metales Pesados. El asesino silencioso.* [En línea] [Consulta: 28 de Noviembre de 2015.] Disponible en: <http://www.inno-vita.com/pdf/training%20pdf/HM-spanish%20print.pdf>
23. **INORGANIC VENTURES.** *ICP Operations Guide.* [En línea] [Consulta: 25 de Octubre de 2015.] Disponible en: <https://www.inorganicventures.com/icp-operations-guide>
24. **KOPPLIN, Mike.** *Toxicologia Ambiental.* Arizona : University of Arizona, 2004. pp. 55-65
25. **LAWS, Edward A.** *Environmental Toxicology.* New York - United States: Springer, 2013. pp.19-21
26. **LENNTECH.** *Metales Pesados.* [En línea] [Consulta: 26 de Febrero de 2015.] Disponible en: <http://www.lenntech.es/metales-pesados.htm>.

27. **LINARES, Edwin. 2004.** Material Particulado. *Que son, como son y como se originan las partículas.* [En línea] 2004. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/695/queson.pdf>.
28. **LOZANO HERNANDEZ, Cristian Javier.** *Propuesta de un plan de control de la calidad del aire de partículas sedimentables de la ciudad de Riobamba.* (Tesis pregrado) Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba. 2009.
29. **M.Sc. MARTINEZ V., Miriam, et al.,** *Presencia de metales pesados en material particulado en aire. Estacion de monitoreo INHEM, Centro Habana.* [En línea] [Consulta: 18 de enero de 2016.] Disponible en: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/ecosolar/Ecosolar52/HTML/articulo01N.htm>
30. **MANAHAN, S. E.** *Introduccion a la Quimica Ambiental.* Primera edicion. Mexico: REVERTÉ, 2007. p.32
31. **Marcano M., Jose E.** *La contaminacion atmosferica.* Republica Dominicana : Eco-Hispaniola, 2009. pp. 60-173
32. **MORENO GRAU, Maria Dolores.** *Toxicologia Ambiental: evaluacion de riesgos para la salud humana.* Madrid : McGraw-Hill Interamericana, 2003. pp. 96-104
33. **MOUNT, Robert.** *Importance of Micronutrients.* [En línea] [Consulta: 05 de Febrero de 2016.] Disponible en: <http://projectthehealthychildren.org/why-food-fortification/importance-of-micronutrients/>
34. **NARVAEZ PORRAS, Octavio & CANO VALLE, Fernando.** "Cenizas volcanicas. Contaminacion Ambiental." *Revista del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias,* [En línea], 2004, (Mexico) ,17(3), pp. 234-236. [Consulta: 18 de febrero de 2015.]. ISSN 0187-7585 Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-75852004000300009
35. **NEVERS, Noel D.** *Ingenieria de Control de la Contaminacion del Aire.* Primera. Mexico : McGraw-Hill, 2007. pp. 88-101
36. **NORDBERG, Gunnar.** *Metales: Propiedades Quimicas y Toxicidad.* Cuarta edicion. Estados Unidos: McGraw-Hill Interamericana, 2005. p. 63.
37. **OMS.** *Guia para la Calidad del Aire.* Lima. [En línea] 2004. [Consulta: 17 de abril de 2016] Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsci/fulltext/guiasaire.pdf>
38. **Orozco, Carmen, et al.,** *Contaminacion Ambiental: Una vision desde la Quimica.* España : Paraninfo, SA, 2011. pp. 95-200

39. **PRIETO MENDEZ, Judith, et al.**, "*Contaminacion y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua*". *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, [En línea], 2009, (Mexico), 10 (1), pp.29-30. [Consulta: 25 de junio de 2016.]. ISSN: 1870-0462 Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/939/93911243003.pdf>
40. **QUIJANO PARRA, Alfonso, QUIJANO VARGAS, Monica & HENAO MARTINEZ, Jose** "Caracterizacion fisicoquimica del material particulado fraccion respirable PM 2.5 en Pamplona-Norte de Santander-Colombia." *Revista de la Facultad de Ciencias Basicas*, [En línea], 2010, (Colombia) 8 (1), pp. 3-6 [Consulta: 18 de enero de 2015.]. ISSN: 0120-4211 Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/903/90315226007.pdf>
41. **RAMIREZ, Augusto.** *Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposicion u ocupacional con indicadores biologicos.* Redalyc [En línea] 2002 (Peru) 63 (1) pp. 52- 54. [Consulta: 03 de abril de 2016.] ISSN: 1025-5583 Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/anales/v63_n1/pdf/toxicologia_cadmio.pdf
42. **RICO M., Flavio G., et al.**, *Daños a la salud por contaminacion atmosférica.* Toluca, Mexico : Universidad Autonoma del Estado de Mexico, 2001. pp. 68-74
43. **ROJAS L., Jesus M.** *Analisis de los datos de particulas PM2.5 y metales pesados de las muestras recogidas en los captadores de alto volumen ubicados en el Area de Estudio INMA.* [En línea] 2008. [Consulta: 03 de octubre de 2015.] Disponible en: http://beasain.org/es/ficheros/9_8187es.pdf
44. **ROMERO T., Adrian A. & VACA A., Patricio D.** *Inventario de emisiones atmosfericas a partir de fuentes fijas, moviles y de area en la ciudad de Latacunga.* [En línea] (Tesis pregrado) Universidad Central del Ecuador, Quito - Ecuador 2012. pp. 63-64 [Consulta: 25 de Julio de 2015.] Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/235/1/T-UC-0012-37.PDF>
45. **SARKAR, Bibudhendra.** *Heavy Metals in the Environment.* Toronto, Ontario, Canada : MARCEL DEKKER, INC, 2002. pp. 1-4
46. **SCHINDLER.** *Los contaminantes atmosféricos.* [En línea] 2015. [Consulta: 18 de julio de 2015.] Disponible en: http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/atmosfera/Los-contaminantes-atmosfericos.asp#.
47. **SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.** *Intoxicacion por Vanadio* [En línea] [Consulta: 14 de Junio de 2016.] Disponible en: <http://norma-ohsas18001.blogspot.com/2015/01/intoxicacion-por-vanadio.html>

48. **SEMARNAT & INECC.** *Fuentes de contaminación del aire.* [En línea] 2014. [Consulta: 08 de enero de 2016.] Disponible en: <http://www.inecc.gob.mx/calair-info/informacion-basica/537-calair-fuentes>.
49. **ESTÁNDAR METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER 2540 Solids** [En línea] [Consulta: 12 de Diciembre de 2015.] Disponible en: <https://www.standardmethods.org/store/ProductView.cfm?ProductID=63>
50. **STRAUSS, W. & MAINWARING, S. J. 2011.** *Contaminación del Aire: causas, efectos y soluciones.* Mexico : Trillas, S.A. de C.V., 2011. pp. 55-79
51. **THOMPSON, L. M. & TROEH, F. R.** *Los suelos y sus fertilidad.* cuarta edición. New York : REVERTÉ, 2002. p. 65
52. **UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA. (UNAD).** *Lección 7. Fuente de contaminantes atmosféricos: fuentes móviles, fijas, puntuales y de área.* [En línea] 2013. [Consulta: 27 de abril de 2015] Disponible en: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358007/Contenido_en_linea_Caracterizacion/leccion_7_fuentes_de_contaminantes_atmosfericos_fuentes_moviles_fijas_puntuales_y_de_area.html.
53. **VALLERO, Daniel A.** *Fundamentals of Air Pollution.* cuarta edición. North Carolina - United States, 2008. pp. 5-35
54. **WRIGHT, David A. & WELBOURN, Pamela.** *Environmental toxicology.* United Kingdom : Cambridge University Press, 2002. pp. 70-77

ANEXO A Descripción de la zona avenida Pedro Vicente Maldonado



Lugar de muestreo



Panadería y ventas ambulantes



Fábrica de bloques



Mecánicas



Ventas ambulantes y tienda de abastos



CELEC EP subestación Riobamba

ANEXO B Descripción de la zona avenida Canónigo Ramos



Terminal intercantonal



Tienda de abastos



Mueblerías



Carpinterías



Vulcanizadora



Restaurantes



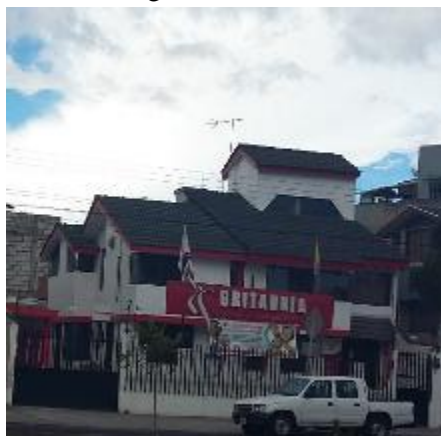
ANEXO C Descripción de la zona estación AME



Lugar de muestreo



Panadería



Escuela Lingüística Britania



Compañía de transporte turístico



Parque Sesquicentenario

ANEXO D Descripción de la zona estación La Cerámica



Lugar de muestreo



Peluquería



Condominios



Unidad Educativa "STAR"



Venta de baldosas



Restaurante y tienda de mascotas



Empresa Ecuaceramica

ANEXO E Descripción de la zona estación La Merced



Tiendas de abastos



Supermercado



Unidad Educativa María Auxiliadora



Iglesia La Merced y Universidad San Francisco



Locales comerciales



Locales comerciales



Locales comerciales



Mercado La Merced

ANEXO F Descripción de la zona estación EP-EMAPAR



Lugar de muestreo



Panaderías



Farmacia



Locales comerciales



Locales comerciales



Hospital Provincial General Docente
Riobamba



Mecanica



Vulcanizadora