

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental

TRABAJO DE TITULACIÓN

Título del proyecto

**INCIDENCIA DEL PARQUE INDUSTRIAL DEL CANTÓN ESMERALDAS
EN LA CIUDADELA “LA FLORIDA” MEDIANTE EL ANALISIS DE
MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE.**

Autor(es):

Karen Vanessa Tenorio Castillo

Tutor:

MsC. Patricio Santillán Lima

Riobamba – Ecuador

Año 2019

Los miembros del Tribunal de Graduación el proyecto de investigación de título: **“INCIDENCIA DEL PARQUE INDUSTRIAL DEL CANTÓN ESMERALDAS EN LA CIUDADELA “LA FLORIDA” MEDIANTE EL ANALISIS DE MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE.”**. Presentado por: Karen Vanessa Tenorio Castillo y dirigida por: Ing. Patricio Santillán.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Patricio Santillán
Tutor del Proyecto



Firma

Ing. Benito Mendoza
Miembro del Tribunal



Firma

Dra. Mery Manzano
Miembro del Tribunal

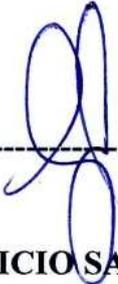


Firma

DECLARACIÓN EXPRESA DE TUTORÍA

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del Grado de **INGENIERO AMBIENTAL**. Con el Tema: **“INCIDENCIA DEL PARQUE INDUSTRIAL DEL CANTÓN ESMERALDAS EN LA CIUDADELA “LA FLORIDA” MEDIANTE EL ANALISIS DE MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE.”** ha sido elaborado por **KAREN VANESSA TENORIO CASTILLO**, el mismo que ha sido revisado y analizado en un cien por ciento con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor, por lo que se encuentra apto para su presentación y defensa respectiva.

Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.



Ing. PATRICIO SANTILLÁN

Ci: 0602780777

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **KAREN VANESSA TENORIO CASTILLO**, con cédula de identidad No. 080286038-7; hago constar que soy el autor del presente trabajo de investigación, titulada: **“INCIDENCIA DEL PARQUE INDUSTRIAL DEL CANTÓN ESMERALDAS EN LA CIUDADELA “LA FLORIDA” MEDIANTE EL ANALISIS DE MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE.”**, el cual constituye una elaboración, dirigida por el Tutor del Proyecto, Ing. Patricio Santillán. En tal sentido, manifiesto la originalidad de la Conceptualización del trabajo, interpretación de datos y la elaboración de las conclusiones, con el aporte de varios autores que se han referenciado debidamente en el texto del documento.



KAREN VANESSA TENORIO CASTILLO

Ci: 080286038-7

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, siendo el encargado de llenar de bendiciones nuestras vidas, y por guiarme por el camino correcto.

Mi más profundo agradecimiento a mi familia, especialmente a mis padres Galo y Carmen por llenarme de motivaciones y por ayudarme a mejorar como persona. A mis hermanos Galo y Omar, que supieron darme la fuerza para seguir adelante.

Agradezco a la Universidad Nacional de Chimborazo, especialmente a la carrera de Ingeniería Ambiental y a sus docentes por haberme formado y guiado en el transcurso de la carrera.

Agradezco mis compañeros y amigos que estuvieron en el transcurso de la carrera, al Ing. Patricio Santillán y Benito Mendoza quienes con paciencia y tiempo supieron guiarme en el trabajo de investigación.

DEDICATORIA

Esta investigación se la dedico a mis padres
Carmen Castillo y Galo Tenorio por ser
ese pilar fundamental que su cariño
incondicional me han sabido apoyar en
cada uno de mis propósitos en el
transcurso de mi vida.

A mis hermanos Omar y Galo que siempre
han estado pendiente de mí en esta etapa de
mi vida universitaria.

SIGLAS Y ABREVIATURAS UTILIZADAS

PM: Material Particulado

MPS: Material Particulado Sedimentable

OMS: Organización Mundial de la Salud

MEB: Microscopio Electrónico de Barrido

EDX: Espectroscopia de fotones rayos X dispersados

SIG: Sistemas de Información Geográfica

TULSMA: Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente

μm : micrómetro o micra

$\mu\text{g}/\text{m}^3$: microgramos/metro cúbico

$\text{mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$: miligramos/centímetro cuadrado/mes

US EPA: Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos.

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN EXPRESA DE TUTORÍA	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DEDICATORIA	v
SIGLAS Y ABREVIATURAS UTILIZADAS	vi
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROBLEMA.....	2
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	3
2. OBJETIVOS	4
3. MARCO TEÓRICO	5
3.1. Contaminación atmosférica urbana	5
3.2. Fuente o causas principales de contaminación atmosféricas.....	5
3.3. Comportamiento de los contaminantes en la atmosfera.....	6
3.4. Material Particulado Sedimentable.....	6
3.4.1. Metales pesados y su relación con el material particulado.....	7
3.5. Monitoreo pasivo.....	7
3.6. Método Gravimétrico	7
3.7. Redes de Monitoreo.....	8
3.7.1. Estaciones de Monitoreo.	8
3.8. Condiciones relacionadas con la contaminación por partículas	8
3.9. Parámetros de Calidad del Aire	9
3.9.1. Norma de calidad del aire – Ecuador.....	9
3.9.2. Norma de Calidad de aire por la OMS	9
3.10. Problemática ambiental en el aire de la ciudad de Esmeraldas.	10
3.11. Metales peligrosos y sus enfermedades.	10
3.12. Descripción parque industrial del cantón Esmeraldas.....	11
4. METODOLOGÍA	12
4.1. Tipo de estudio	12
4.2. Población y muestra	12
4.3. Área de estudio.....	12
4.4. Determinación de la tasa de sedimentación del material particulado sedimentable	14
4.4.1. Cálculo gravimétrico	14
4.5. Análisis de la composición química y morfológica de PMS usando el microscopio electrónico de barrido y la espectroscopia de energía de fotones dispersados.	15
4.6. Diseño de la red de monitoreo ambiental de material particulado sedimentable.....	15

4.6.1. Red de monitoreo pasivo.....	15
4.6.2. Frecuencia del monitoreo y periodos de muestreo.....	16
4.6.3. Objetivo de monitoreo de calidad del aire.....	16
4.6.4. Selección de los puntos de muestreo de la red de monitoreo de calidad de aire.....	16
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
5.1. Diseño de la red de monitoreo ambiental de material particulado sedimentable (MPS).....	17
5.1.1. Dirección y velocidad del viento.....	17
5.1.2. Topografía del lugar.....	17
5.1.3. Datos de los puntos preliminares de monitoreo de material particulado sedimentable el cual nos permitió saber la concentración mensual.....	18
5.1.4. Puntos de muestreo para la red monitoreo de calidad de aire para material particulado sedimentable.....	19
5.2. Análisis de material particulado sedimentable con el método gravimétrico.....	20
5.3. Composición química y morfología del material particulado sedimentable (MPS).....	22
6. CONCLUSIONES.....	27
7. RECOMENDACIONES.....	28
8. BIBLIOGRAFÍA.....	29
9. ANEXOS.....	32
9.1. Composición química del material particulado sedimentable de la ciudadela “La Florida”.....	32
9.2. Morfología del material particulado sedimentable de la ciudadela “La Florida”.....	39
9.3. Promedios de la composición química de MPS.....	46
9.4. Trabajo de laboratorio.....	50
9.5. Ubicación de los equipos de monitoreo pasivo de MPS.....	51
9.6. Análisis del MPS en el Microscopio electrónico de Barrido.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: FUENTES DE GENERACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO	6
FIGURA 2: MAPA DEL ÁREA DE ESTUDIO CIUADAELA “LA FLORIDA”	13
FIGURA 3: MAPA DEL ÁREA DE ESTUDIO CIUADAELA “LA FLORIDA”	14
FIGURA 4: MAPA DE DIRECCIÓN Y VELOCIDAD DEL VIENTO DE LA CIUADAELA “LA FLORIDA”	17
FIGURA 5: MAPA TOPOGRÁFICO DE LA CIUADAELA “LA FLORIDA”	18
FIGURA 6: MAPA DE CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE DE LA CIUADAELA “LA FLORIDA”	19
FIGURA 7: MAPA DE UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE”	20
FIGURA 8: COMPARACIÓN DE VALORES DE MPS CON LÍMITES ESTABLECIDOS POR EL TULSMA Y OMS.	21
FIGURA 9: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MUESTRA DEL PUNTO 1	22
FIGURA 10: MORFOLOGÍA DEL MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE CORRESPONDIENTE A LA CIUADAELA “LA FLORIDA”	24
FIGURA 11: DIÁMETRO DE LAS PARTÍCULAS SEDIMENTABLE	24

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA LEGISLACIÓN ECUATORIANA	9
TABLA 2: PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA OMS.	10
TABLA 3: LOCALIZACIÓN DE LOS SITIOS DE MONITOREO	13
TABLA 4: RESULTADOS DE LAS CONCENTRACIONES DE MPS	21
TABLA 5: PROMEDIO DE COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE	23
TABLA 6: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE MPS DEL PUNTO 1	32
TABLA 7: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE MPS DEL PUNTO 2	33
TABLA 8: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE MPS DEL PUNTO 3	34
TABLA 9: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE MPS DEL PUNTO 4	35
TABLA 10: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE MPS DEL PUNTO 5	36
TABLA 11: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE MPS DEL PUNTO 6	37
TABLA 12: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE MPS DEL PUNTO 7	38
TABLA 13: MORFOLOGÍA DE MPS DEL PUNTO 1	39
TABLA 14: MORFOLOGÍA DE MPS DEL PUNTO 2	40
TABLA 15: MORFOLOGÍA DE MPS DEL PUNTO 3	41
TABLA 16: MORFOLOGÍA DE MPS DEL PUNTO 4	42
TABLA 17: MORFOLOGÍA DE MPS DEL PUNTO 5	43
TABLA 18: MORFOLOGÍA DE MPS DEL PUNTO 6	44
TABLA 19: MORFOLOGÍA DE MPS DEL PUNTO 7	45
TABLA 20: PROMEDIO EN PORCENTAJE DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PUNTO 1	46
TABLA 21: PROMEDIO EN PORCENTAJE DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PUNTO 2	46
TABLA 22: PROMEDIO EN PORCENTAJE DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PUNTO 3	47
TABLA 23: PROMEDIO EN PORCENTAJE DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PUNTO 4	47
TABLA 24: PROMEDIO EN PORCENTAJE DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PUNTO 5	48
TABLA 25: PROMEDIO EN PORCENTAJE DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PUNTO 6	48
TABLA 26: PROMEDIO EN PORCENTAJE DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PUNTO 7	49

RESUMEN

La Florida es una ciudadela ubicada al límite del parque industrial de Esmeraldas, presenta problema con la calidad del aire por lo cual gran parte de sus habitantes sufren de enfermedades como respiratorias, dérmicas y cardiovasculares.

Por ello la presente investigación consistió en realizar el monitoreo de material particulado sedimentable en 7 puntos estratégicos para determinar la incidencia del parque industrial de Esmeraldas, en el cual se encuentra 2 empresas considerada como fuente principal de contaminación: Refinería estatal de Esmeraldas industria dedicada a la refinación del petróleo y Termoesmeraldas generadora de electricidad a base de derivados de petróleo.

En este sentido se procedió al monitoreo en un lapso de 30 días, del 23 de Junio a 23 de Julio 2018, en el monitoreo realizado se obtuvieron valores que fluctúan entre 2,03 mg/cm²/mes y 3,18 mg/cm²/mes los mismo que superan los valores permisible establecidos por la OMS que es de 0,5 mg/cm²/mes y el TULSMA que es de 1 mg/cm²/mes.

Además, en la composición química de las muestras realizadas en el microscopio electrónico de barrido se encontraron 28 elementos químicos de los cuales: cadmio, mercurio, plomo, níquel, vanadio, moliteno, circonio, rutenio, cobalto, cromo, indio están identificados por la OMS como peligrosos que al estar el ser humano expuesto a pequeñas concentraciones puede repercutir en la salud, causando enfermedades respiratorias, dérmicas, cardiológicas y posiblemente cáncer.

Palabras claves: material particulado sedimentable, microscopio electrónico, OMS, TULSMA.

ABSTRACT

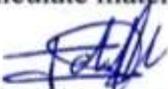
Florida is a citadel located at the edge of the industrial park of Esmeraldas. It presents a problem with air quality, that is why many of its inhabitants suffer from diseases such as respiratory, dermal and cardiovascular diseases.

Therefore, this research developed a monitoring of sedimentary particulate material in 7 strategic points to determine the incidence of the Esmeraldas industrial park, in which 2 companies are considered as the main source of contamination: Esmeraldas state refinery industry dedicated to the refining of oil and Thermo-emeralds generating electricity based on petroleum derivatives.

In this sense, we proceeded to the monitoring in a span of 30 days, from June 23 to July 23, 2018, in the performed monitoring the results showed that fluctuated between 2.03 mg / cm² / month and 3.18 mg / cm² / month the same ones that exceed the permissible values established by the WHO that is of 0.5 mg / cm² / month and the TULSMA that is of 1 mg / cm² / month.

In addition, in the chemical composition of the samples made in the scanning electron microscope 28 chemical elements were found of which: cadmium, mercury, lead, nickel, vanadium, moliteno, zirconium, ruthenium, cobalt, chrome, indium are identified by OMS as dangerous substances for human beings even if they are exposed to small concentrations can have an impact on health, causing respiratory, dermal, cardiological and possibly cancer diseases.

Key words: sedimentable particulate material, electron microscope, WHO, TULSMA.


Review of the translation by PhD Narcisca Fuertes
Professor at Competencias Lingüísticas UNACH.



1. INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016), estimó que una de cada nueve muertes en todo el mundo es el resultado de condiciones relacionadas con la contaminación atmosférica. Los contaminantes atmosféricos más relevantes para la salud son material particulado (PM) con un diámetro de 10 micras o menos, que pueden penetrar profundamente en los pulmones y en el torrente sanguíneo.

En nuestro país, el Ministerio del Ambiente en el año 2010, desarrolló el Plan Nacional de Calidad del Aire (PNCA), el cual plantea como objetivo principal “alcanzar una gestión ambiental adecuada de la calidad del recurso aire para proteger la salud humana, los recursos naturales y el patrimonio cultural ” (MAE, 2010).

La ciudadela “La Florida” es una área de influencia directa del parque industrial del Cantón Esmeraldas donde hallan 2 empresas que se considera como la fuente principal de generación de contaminación: Refinería estatal y Termoesmeraldas, que se dedican la primera a la refinación de petróleo y la otra a la combustión de derivados de petróleo para la obtención de energía eléctrica.

Debido a la poca información de fuentes oficiales sobre la presencia de partículas y metales pesados en el aire y tomando en consideración que los habitantes de la zona de estudio presentan enfermedades de tipo respiratorias, dérmicas y cardiovasculares según las estadísticas otorgadas en el informe de Perspectiva del Medio Ambiente Humano realizado por los técnicos del programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2009).

El objetivo del presente trabajo de investigación es establecer si existe incidencia del parque industrial por presencia de material particulado sedimentable en la Ciudadela “La Florida”. Esto mediante el análisis físico-químico de las partículas sedimentadas y analizadas en el microscopio electrónico de barrido, espectroscopia de energía de fotones dispersadas, para obtener información que permita establecer una línea base de contaminación del aire por presencia de este material y su contenido en metales pesados en el área de estudio.

1.1.PROBLEMA

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la contaminación atmosférica causa alrededor de dos millones de muertes prematuras al año en todo el mundo, se estima que el nivel de gravedad de los desórdenes en la salud está directamente relacionado con la concentración de partículas en el aire ambiente (OMS, 2016).

En el año 2005 se registraron en el Ecuador 991744 casos de infecciones respiratorias agudas, muchas de ellas podrían deberse a la calidad de aire de las zonas urbanas (MAE, 2010). Según la Organización Panamericana de la Salud, se estima que cada año mueren 500 personas en el Ecuador debido a la contaminación del aire (OPS, 2010).

Según datos estadístico del área de Salud No. 1 de Esmeraldas que determinó, en el 2009 en la zona sur hubo 105310 casos de enfermedades respiratorias, dérmicas y cardiovasculares que afectan principalmente a la población de 1 a 35 años de edad (Centeno, 2011).

La Ciudadela “La Florida” se encuentra ubicada en el Sur de la ciudad de Esmeraldas y es un área de influencia del parque industrial, donde se han presentados reiterados casos de enfermedades respiratorias, de la piel y cardiovascular.

Su directiva asegura que los niños son los más afectados por enfermedades respiratorias e infecciones en la piel, pero los adultos, no están exentos de estas enfermedades. Coinciden en señalar que los olores de los gases tóxicos que emanan Refinería y Termoesmeraldas son insoportable.

“Estos contaminantes producen lesiones en los bronquios y pueden dar lugar a bronquitis crónicas, enfermedades pulmonares obstructivas crónicas, cáncer de pulmón y que agravan los casos de asma a quienes tienen alergias. Y la niñez es la más susceptible” aseguro Ramón Echeverría Centeno, médico especialista de enfermedades respiratorio (Centeno, 2011).

El material particulado sedimentable está constituido por partículas contaminantes sólidas, líquidas y gaseosas de un diámetro equivalente mayor o igual a 2 micras, tamaño y peso que está dentro de la influencia de la fuerza de atracción gravitatoria terrestre (gravedad), por lo que sedimenta; contiene varios componentes como minerales, nitratos, sulfatos, compuestos orgánicos, metales, polen, partículas de suelo, carbón orgánico y polvo (US EPA, 2012).

En la ciudad de Esmeraldas no se ha realizado estudios respecto a la calidad del aire, por lo que no se conoce de manera técnica si el material particulado sedimentable es una de las causas de este tipo de enfermedades respiratorias.

1.2.JUSTIFICACIÓN

En la actualidad la actividad antrópica genera gran cantidad de desechos al ambiente, esto cambia las condiciones de los ecosistemas, pero principalmente afecta al mismo ser humano. Es así, las emisiones hacia la atmosfera de la producción industrial es una fuente de contaminación que a medida que avanza el tiempo se acumula y causa molestia en el aparato respiratorio y en la dermis, sobre todo si esta producción no es controlada o no cumple con los requerimientos mínimos para que se dé una adecuada difusión de los contaminantes.

Por otra parte el crecimiento demográfico y la inadecuada proyección de las ciudades, hacen que existan en Ecuador ciudadelas o barrios junto a parque industriales, lo que provoca conflictos entre estos 2 sectores.

Otra realidad nacional es que no existen estudios que permitan relacionar enfermedades con la presencia de contaminantes por lo que la presente investigación se enfocó a conocer el nivel de calidad de aire en la ciudadela la “Florida”, debido al alto índice de enfermedades respiratorias, dérmicas y cardiovasculares que afectan a gran parte de los moradores.

Pretendo aportar con datos importantes que servirán como inicio de futuras investigaciones que permitan establecer la línea base sobre la calidad de aire que servirán para que se implemente en el sector una red de monitoreo de calidad de aire, que permita tomar medidas correctivas para mitigar el problema que aqueja a los habitantes del sector.

2. OBJETIVOS

2.1. General

- Determinar la incidencia de la zona industrial del cantón Esmeraldas en la ciudadela “La florida” mediante el análisis de material particulado sedimentable.

2.2. Específicos

- Diseñar una red de monitoreo ambiental de material particulado sedimentable, para conocer los niveles de contaminación y tipos de contaminantes presente en el área de estudio.
- Caracterizar la composición química del material particulado sedimentable con espectroscopia de fotones rayos x dispersados (EDX) y determinar las características morfológicas usando el microscopio electrónico de barrido, para conocer las características físico-químicas del material sedimentable.
- Analizar los valores de material particulado sedimentable en la ciudadela “La Florida”, para verificar si están enmarcados dentro de los límites de la OMS y el TULSMA.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Contaminación atmosférica urbana

La contaminación atmosférica urbana es la contaminación del aire exterior que afecta a los habitantes de las ciudades. La mayor parte de la contaminación del aire es obra del ser humano y se produce por la combustión ineficiente de combustibles fósiles o de biomasa; por ejemplo, los gases de escape de los automóviles, los hornos o las estufas de leña (OMS, 2016).

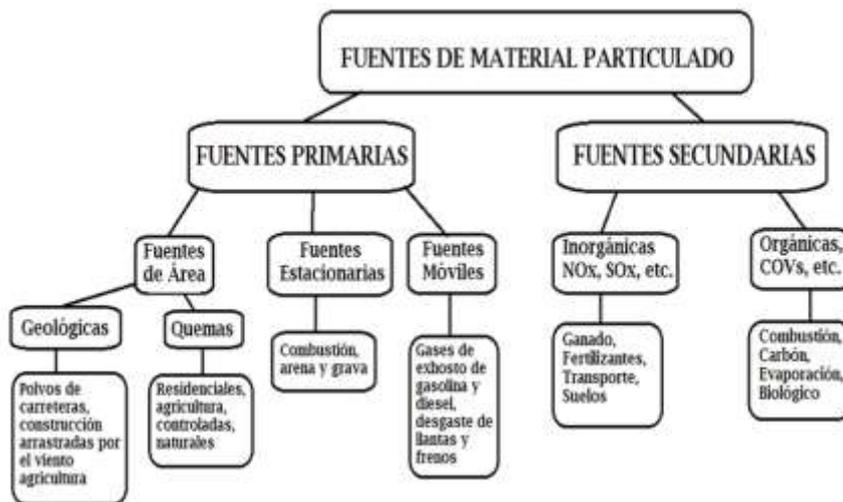
La contaminación atmosférica urbana en su gran porcentaje se debe a la quema de combustibles fósiles conocida como contaminación antrópica y en una menor porcentaje se debe a causas naturales (INE, 2015).

3.2. Fuente o causas principales de contaminación atmosféricas

Las fuentes «móviles», como los automóviles, y las «estacionarias», como las columnas de humo, son causas importantes. Algunas de las fuentes principales son los gases de escape de los vehículos automotores, las emisiones de las fábricas y las centrales eléctricas (las columnas de humo de las centrales que utilizan carbón). Así mismo, en las ciudades donde está permitido utilizar carbón y leña para cocinar y calentarse las emisiones de las casas donde se queman estos combustibles son causa importante de contaminación atmosférica urbana (OMS, 2016).

En la Figura 1 se esquematiza las principales fuentes de MP y algunos ejemplos de los tipos de partículas según la fuente generadora. Esta diversidad de fuentes da como resultado un PM que presenta variaciones en tamaño, geometría, composición química y concentración másica (López & Becerra, 2016).

Figura 1: Fuentes de generación de Material Particulado



Fuente: (López & Becerra, 2016)

3.3. Comportamiento de los contaminantes en la atmósfera

Las partículas y gases descargadas a la atmósfera, pueden tener diferente comportamiento (Marcos & Valderrama, 2012):

- Desplazamiento en el sentido de la dirección del viento, con difusión progresiva lateral y vertical.
- Transformación física y química de los contaminantes primarios, dando origen a otros más tóxicos (contaminantes secundarios), por la acción fotoquímica de la fracción ultravioleta de la luz.
- Eliminación de la atmósfera por diversos procesos naturales.

3.4. Material Particulado Sedimentable

El material particulado sedimentable está constituido por partículas contaminantes sólidas, líquida y gaseosa de un diámetro equivalente mayor o igual a 2 micras ; tamaño y peso que está dentro de la influencia de la fuerza de atracción gravitatoria terrestre (gravedad), por lo que sedimentan y se depositan en forma de polvo en las diferentes superficies (edificios y objetos en general de exteriores e interiores, áreas verdes, avenidas y calles con o sin asfalto), desde donde vuelven a ser inyectados al aire por los llamados flujos turbulentos de las zonas urbanas; de este grupo de partículas, las más finas son las más peligrosas ya que tienen una mayor capacidad de penetración en el sistema respiratorio (Marcos & Cabrera, 2009).

El material particulado sedimentable está constituido por partículas que se encuentran en el aire y que se depositan por efecto de la acción gravitacional (deposición seca), y por contaminantes en estado gaseoso, y partículas no sedimentables que son arrastradas por la lluvia (deposición húmeda) (INSPM, 2011).

3.4.1. Metales pesados y su relación con el material particulado

La composición química de la materia sedimentable es muy variada, algunos de sus elementos constituyentes pueden considerarse como nutrientes, mientras que otros se pueden catalogar como contaminantes tóxicos potenciales. Conociendo que el suelo y las plantas son la base de la cadena alimenticia del ser humano y que éstos son los principales receptores de la materia sedimentable, es de suma importancia el estudio de sus constituyentes tóxicos, pues muchas veces la deposición que se realiza es mucho mayor al efecto de lavado en los suelos y la capacidad de eliminación por parte de los vegetales, pudiendo dar lugar a una considerable acumulación de estos contaminantes en suelos y plantas (Espinosa, 2010).

Los metales pesados pueden ser ingeridos, inhalados o absorbidos dérmicamente a partir de las partículas sedimentables de áreas contaminadas, estas pueden actuar como elementos cancerígenos para el ser humano o potentes tóxicos para los ecosistemas, dependiendo de cuáles sean sus vías y tiempo de exposición, la dosis absorbida y la naturaleza química del elemento. Estudios de calidad de aire reportan que la población urbana que vive o labora cerca de vías con una alta densidad de tráfico se encuentra en riesgo por la presencia de elementos metálicos (Diaz & Linares, 2010).

3.5. Monitoreo pasivo

Caracterizado porque no utilizan bombas para la succión del aire y colectan un contaminante específico por medio de su adsorción y absorción en un sustrato químico seleccionado. Después de su exposición durante un apropiado período de muestreo, que varía desde un par de horas hasta un mes, la muestra se regresa al laboratorio, donde se realiza la recuperación del contaminante y después se analiza cuantitativamente (Marcos & Cabrera, 2009).

3.6. Método Gravimétrico

Método analítico cuantitativo en el cual la determinación de las sustancias, se lleva a cabo por una diferencia de pesos. Existen métodos para conocer la concentración de una muestra en solución, que llevan a cabo precipitaciones de la muestra por medio de la

adición de un exceso de reactivo y otros en los que directamente se pesa el material colectado en el filtro. En este último, se determina la masa, pesando el filtro antes y después del muestreo con una balanza a temperatura y humedad relativa controladas (Marcos & Cabrera, 2009).

3.7. Redes de Monitoreo.

Se denomina red de monitoreo al conjunto de dos o más estaciones de monitoreo. Es común que las estaciones de monitoreo se encuentren agrupadas en redes que puedan cubrir grandes y pequeñas extensiones geográficas (INE, 2015).

3.7.1. Estaciones de Monitoreo.

Una estación de monitoreo consiste en una caseta que pueden contener diversos equipos, como analizadores automáticos, monitores, sensores meteorológicos, entre otros, destinados a monitorear las concentraciones de uno o más contaminantes del aire y, por lo general, algunos parámetros meteorológicos; con la finalidad de evaluar la calidad del aire en un área determinada. Los criterios de ubicación de las estaciones son diferentes según los objetivos de monitoreo que se establezca el proponente sin embargo, en cualquier caso es necesario que el lugar cuente con una fuente adecuada de energía, con seguridad y que esté debidamente protegido de los elementos climáticos (INE, 2015).

3.8. Condiciones relacionadas con la contaminación por partículas

Los parámetros meteorológicos deben tomarse en cuenta, ya que están directamente relacionados con la dispersión de los contaminantes atmosféricos. Según la OMS, las variaciones diarias en las concentraciones de contaminantes están más afectadas por las condiciones meteorológicas que por los cambio en la magnitud de las fuentes (OMS, 2016).

En relación se afirma que la dirección y velocidad del viento, precipitación, topografía constituyen factores importantes que influyen en la calidad del aire y determinan condiciones de transporte o remoción, diseminación en el entorno, dilución o concentración de los contaminantes. (CORLETO & CORTEZ, 2012)

3.9. Parámetros de Calidad del Aire

3.9.1. Norma de calidad del aire – Ecuador

La NECA es una norma técnica de aplicación obligatoria en el Ecuador para evaluar el estado de la contaminación atmosférica. Su objetivo principal es preservar la salud de las personas, la calidad del aire ambiente, el bienestar de los ecosistemas y del ambiente en general, para lo cual ha determinado límites máximos permisibles de contaminantes en el aire ambiente a nivel del suelo (Díaz, 2015).

La normativa ambiental emitida del Registro Oficial 725 del 16 de Diciembre del 2002, el libro VI anexo 4 está destinado a la normativa para la calidad del aire que se encuentra registrada TULSMA. Los valores máximos permisibles de concentración de material particulado presentes en la atmósfera se muestran en la **Tabla 1**:

Tabla 1: Parámetros establecidos por la legislación ecuatoriana

Contaminante	Tiempo de exposición	Máxima concentración permitida
PM10	1 año	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	24 horas	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM2,5	1 año	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	24 horas	65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Partículas Sedimentables	30 días	1 $\text{mg}/\text{cm}^2 \times \text{mes}$

Fuente: TULSMA.

3.9.2. Norma de Calidad de aire por la OMS

Las Directrices de la OMS sobre la Calidad del Aire ofrecen una evaluación de los efectos sanitarios derivados de la contaminación del aire, así como orientación general relativa a umbrales y límites para contaminantes atmosféricos clave que entrañan riesgos sanitarios (OMS, 2016).

Las Directrices se aplican en todo el mundo y se basan en la evaluación, realizada por expertos, de las pruebas científicas actuales concernientes a: Partículas (PM), Ozono (O_3),

Dióxido de nitrógeno (NO₂) y Dióxido de azufre (SO₂), en todas las regiones de la OMS. (OMS, 2016)

Los valores máximos permisibles de concentración de material particulado presentes en la atmósfera se muestran en la **Tabla 2**:

Tabla 2: Parámetros establecidos por la OMS.

Contaminante	Tiempo de exposición	Máxima concentración permitida
PM10	1 año	20 µg/m ³
	24 horas	50 µg/m ³
PM2,5	1 año	10 µg/m ³
	24 horas	25 µg/m ³
Partículas Sedimentables	30 días	0,5 mg/cm ² /mes

Fuente: (OMS, 2016)

3.10. Problemática ambiental en el aire de la ciudad de Esmeraldas.

La contaminación atmosférica que hay en la ciudad de Esmeraldas tiene su efecto en la población, cuyas percepciones se traducen en afecciones relacionadas con problemas respiratorios en los niños, olores que provocan vómito, problemas de piel, problemas al corazón, entre otras (GEO Ecuador, 2009).

En la recolección de muestras de material sedimentado en diferentes sitios de la ciudad de Esmeraldas, se determinó que este material provenía de las emisiones de la Refinería y Termoesmeraldas debido a su contenido de hidrocarburos totales de petróleo, cadmio, níquel, plomo, cromo y vanadio; contaminantes que son parte de partículas sedimentables de diámetros muy pequeños que pueden ser respiradas por las personas (Jurado, 2010).

3.11. Metales peligrosos y sus enfermedades.

La Organización Mundial de la Salud ha estudiado algunos metales peligrosos y las enfermedades que estos producen al ser humano al estar expuesto a ellos (OMS, 2016):

- **Mercurio:** asociado a alteraciones neurológicas, autismo, depresión, problemas del aparato respiratorio,

- **Molibdeno:** está asociado a enfermedades vasculares, bronquitis, cáncer de esófago, de pulmón, laringe y vejiga, produce hepatotoxicidad. No es exactamente un metal, pero es un contaminante muy peligroso.
- **Berilio:** asociado a cáncer de pulmón y a la irritación de las mucosas y la piel
- **Niobio:** este metal pesado está asociado a cáncer de pulmón, hepatotoxicidad y nefrotoxicidad.
- **Cadmio:** está asociado a enfisema, cáncer de próstata, bronquitis, infertilidad, enfermedades vasculares, alteraciones neurológicas y toxicidad en riñones.
- **Níquel:** la exposición a largo plazo puede producir dolencias cardíacas, irritación de la piel y daños en el hígado.
- **Cobalto:** causa daño en el hígado, en los riñones, está asociado a anemia y a irritaciones del intestino delgado e intestino grueso.
- **Rutenio:** daña el páncreas, el hígado, el aparato respiratorio, los riñones, el sistema nervioso central y está asociado al Parkinson.
- **Vanadio:** asociado a dolor de cabeza, irritación de mucosas y piel, daños en el sistema inmunológico, depresión, trastorno del sueño y daños hepáticos.
- **Circonio:** dolor de estómago e infección de las mucosas.
- **Hierro:** La exposición al hierro puede provocar conjuntivitis, coriorretinitis, y retinitis si contacta con los tejidos y permanece en ellos. La inhalación crónica de concentraciones excesivas de vapores o polvos de óxido de hierro puede resultar en el desarrollo de una neumoconiosis benigna, llamada sideriosis.

3.12. Descripción parque industrial del cantón Esmeraldas.

El parque industrial de esmeraldas está ubicada en la zona sur de la ciudad en el Km. 7 ½ vía Atacames encontrándose dentro del casco Urbano, en este parque se encuentra: Refinería estatal de Esmeraldas, Termoesmeraldas, Agencia de control y regulación de hidrocarburos, bodegas de almacenamiento de Coca Cola. La falta de industria se refleja en el uso del parque que se encuentra utilizado en buena medida para propósitos distintos a los que fue creado (GAD. Esmeraldas , 2011).

4. METODOLOGÍA

4.1. Tipo de estudio

- **Transversal:** la investigación se dará en un periodo de tiempo establecido
- **Experimental:** se llevará a cabo muestreos, monitoreo y análisis de laboratorio, el proyecto investigativo permite determinar los niveles de concentración de material sedimentable que existe en la ciudadela “La Florida”.
- **De Campo:** se llevará a cabo recorridos por los puntos de monitoreo pasivo que se instalaran en la ciudadela “La Florida” donde se tomara muestra para realizar la investigación

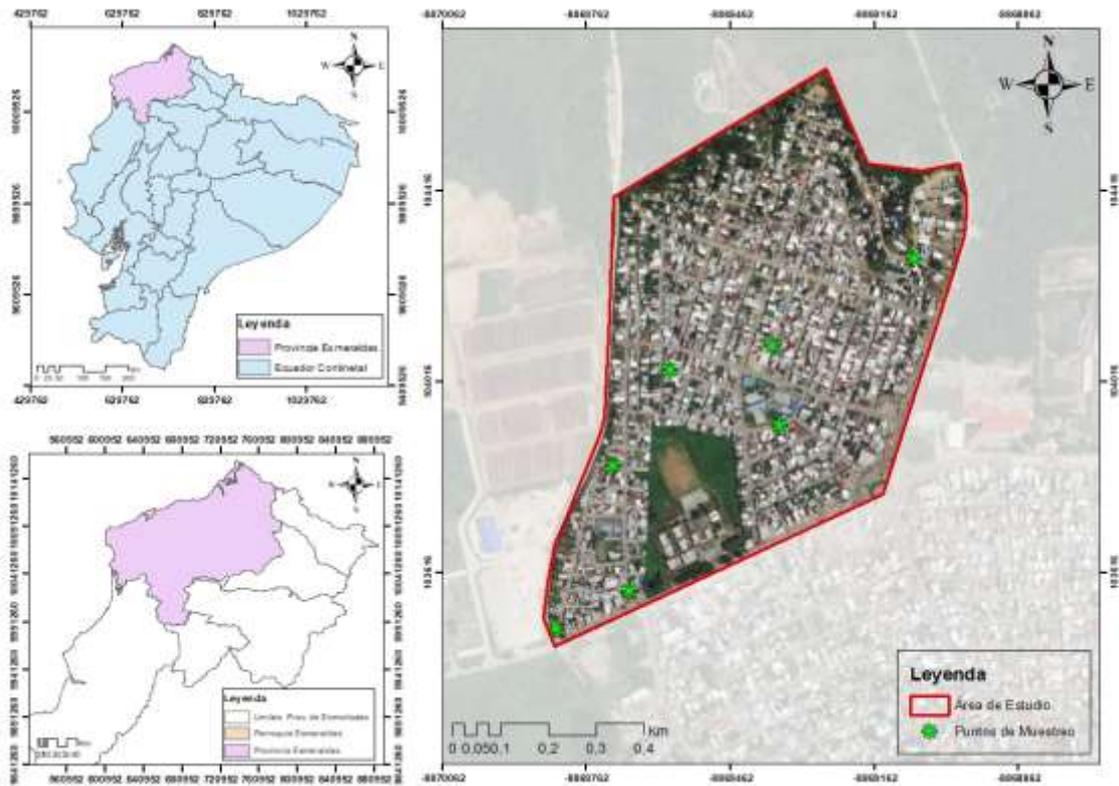
4.2. Población y muestra

- **Población:** 7 puntos de monitoreo pasivos que se instalaron en la ciudadela “La Florida”.
- **Muestra:** material particulado sedimentable (MPS) en los diferentes puntos de monitoreo definidos, por el periodo 23 junio – 23 julio de 2018. El periodo de muestreo para todos los puntos fue de 30 días ininterrumpidos en forma simultánea, según lo establece el Libro VI Anexo IV del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) y por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

4.3. Área de estudio

La ciudadela “La Florida” (**Figura 2**) está en la zona Sur del cantón Esmeraldas, se encuentra ubicado al Norte del país, su territorio es llano donde hay pequeñas colinas, esta 120 m.s.n.m. de altitud; el clima varía desde tropical subhúmedo, subtropical húmedo y subtropical muy húmedo, con una temperatura media de 23 °C. (GAD. Esmeraldas , 2011).

Figura 2: Mapa del área de estudio ciudadela “La Florida”



Autor: Karen Tenorio Castillo

Los puntos en donde se colocaron las estaciones de monitoreo pasivo para la obtención de datos preliminares fueron otorgados por el Municipio de Esmeraldas:

Tabla 3: Localización de los sitios de monitoreo

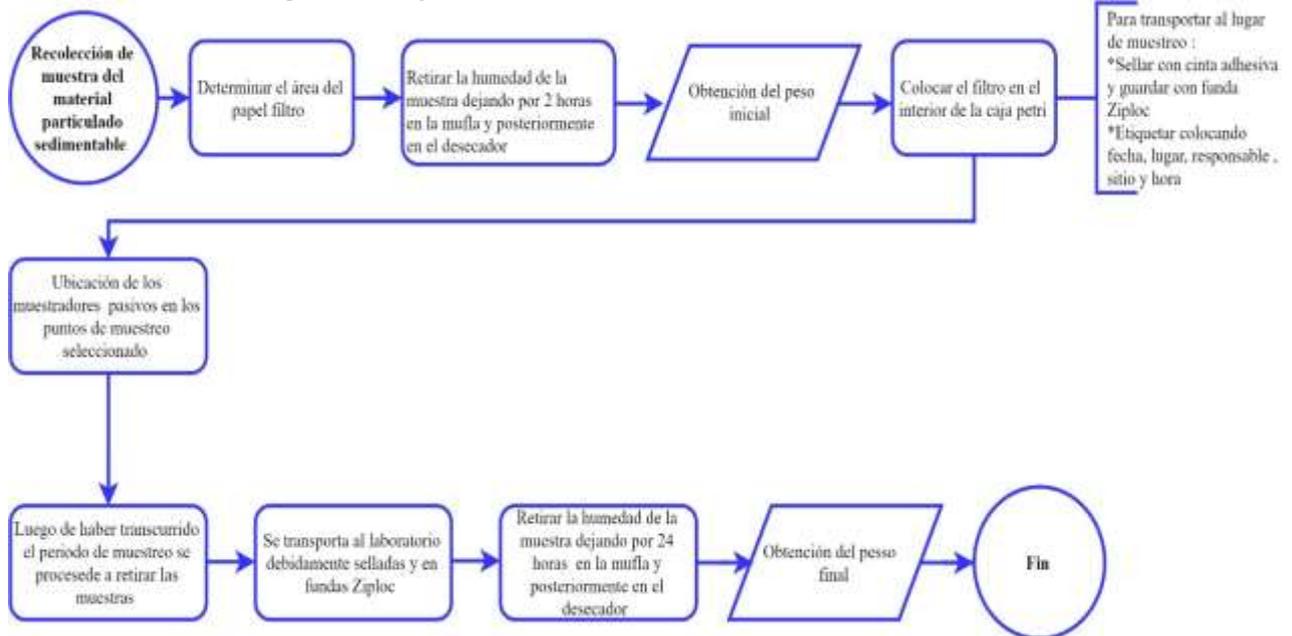
Puntos	LATITUD	LONGITUD
Punto 1	0646990	102788
Punto 2	0647107	103127
Punto 3	0647735	103559
Punto 4	0647455	103213
Punto 5	0647227	103328
Punto 6	0647439	103379
Punto 7	0647142	102867

Autor: Municipio de Esmeraldas

4.4. Determinación de la tasa de sedimentación del material particulado sedimentable

Para determinar el MPS se realizó el siguiente procedimiento **Figura 3** (Cevallos, 2018):

Figura 3: Mapa del área de estudio ciudadela “La Florida”



Autor: Karen Tenorio Castillo.

4.4.1. Cálculo gravimétrico

Las partículas de Material Particulado Sedimentable (MPS) están en unidades de miligramos por centímetro cuadrado en un mes, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$PS = \frac{\left[\frac{\text{mg}}{\text{cm}^2} \right]}{\text{mes}} = \left(\frac{P.\text{Final} - P.\text{Inicial}}{\text{area}} \right) \cdot 1 \text{ mes}$$

Los parámetros requeridos son (Santillán, 2016):

- Dónde: Peso inicial (P. inicial) del filtro: después de salir de laboratorio.
- Peso final (P. final): después de estar expuesta el filtro durante el periodo de muestreo.
- Área del papel filtro: $A = \pi \times r^2$.

4.5. Análisis de la composición química y morfológica de PMS usando el microscopio electrónico de barrido y la espectroscopia de energía de fotones dispersados.

Secciones del filtro de 1 cm² se montaron sobre portamuestras de aluminio y posteriormente se realizó un recubrimiento de oro para que la imagen no brille. La observación se realizó en un microscopio electrónico de barrido (MEB) VEGAS TESCAM. Se tomaron imágenes a 200x, 100x, 50x, 20x y 10x. El procesamiento y análisis de las imágenes se realizó con el software Analysis Pro.

En las imágenes se puede observar la morfología, composición química, tamaño y distribución de las partículas, en cada filtro con el que se tomó las muestras.

4.6. Diseño de la red de monitoreo ambiental de material particulado sedimentable

La ubicación de los puntos de monitoreo que conformaran el diseño de la red de monitoreo ambiental de material particulado sedimentable en la ciudadela “La Florida” se tomó en consideración los criterios de Agencia de Protección Ambiental (US EPA, 2017):

- Definición de los objetivos de monitoreo de calidad del aire ya que de ellos depende el diseño de la red.
- El contaminante a monitorear será el material particulado sedimentable.
- Datos de los puntos preliminares monitoreo el cual nos permitió saber la concentración mensual.
- Topografía del lugar.
- Dirección del viento.

Tomando en cuenta también que los punto de muestreo de la red monitoreo de calidad del aire se debe establecer donde hay población de alta sensibilidad (niños y ancianos), escuelas y según estudios de referencia; se establecerá dos puntos de muestreo aproximados ya que es una área urbana pequeña (US EPA, 2010).

4.6.1. Red de monitoreo pasivo.

El diseño de la red de monitoreo ambiental pasivo que se propone en este trabajo pertenece a escala urbana, la cual permitirá conocer la calidad del aire de la ciudadela “La Florida” ya que no existe una.

La red de monitoreo de calidad del aire, permite realizar un estudio simultaneo de 2 puntos de muestreo que se encontraran distribuidos a los largo y ancho de la ciudadela “La Florida” lo cuales se encontraran ubicados en zonas de interés, debido a la alta

concentración material particulado sedimentable que se encontró en el monitoreo antes realizado.

4.6.2. Frecuencia del monitoreo y periodos de muestreo.

El tiempo de monitoreo del material particulado sedimentable (MPS), será en un tiempo de 30 días, una vez al mes que es lo establecido por la normativa ambiental de Ecuador el TULSMA y la Organización Mundial de la Salud OMS.

4.6.3. Objetivo de monitoreo de calidad del aire

El principal objetivo de la red de monitoreo ambiental de material particulado sedimentable, es el determinar la calidad de aire del área de estudio, además investigación del impacto de la contaminación en la salud de la población, supervisión del cumplimiento de normas de calidad del aire.

4.6.4. Selección de los puntos de muestreo de la red de monitoreo de calidad de aire.

El monitoreo de la calidad del aire es fundamental para valorar las tendencias de la contaminación, por tanto es necesario la implementación de redes de monitoreo. Las redes de monitoreo son el conjunto de dos o más estaciones de monitoreo que cubran desde pequeñas a grandes extensiones geográficas (Rubio, 2010).

Para la ciudadela “La Florida” se diseñó una red de monitoreo de material particulado sedimentable con 2 estaciones de monitoreo pasivo, ya que este método es muy utilizado en otros países por tener costos muy bajos, por qué es un método simple para la toma de muestra y el análisis en el laboratorio ya que no se necesita de mucho personal. Además por su bajo costo también nos permite instalar varios puntos de monitoreo, ayudándonos a obtener una información de gran relevancia en lo que es la distribución espacial y geográfica del material particulado sedimentable.

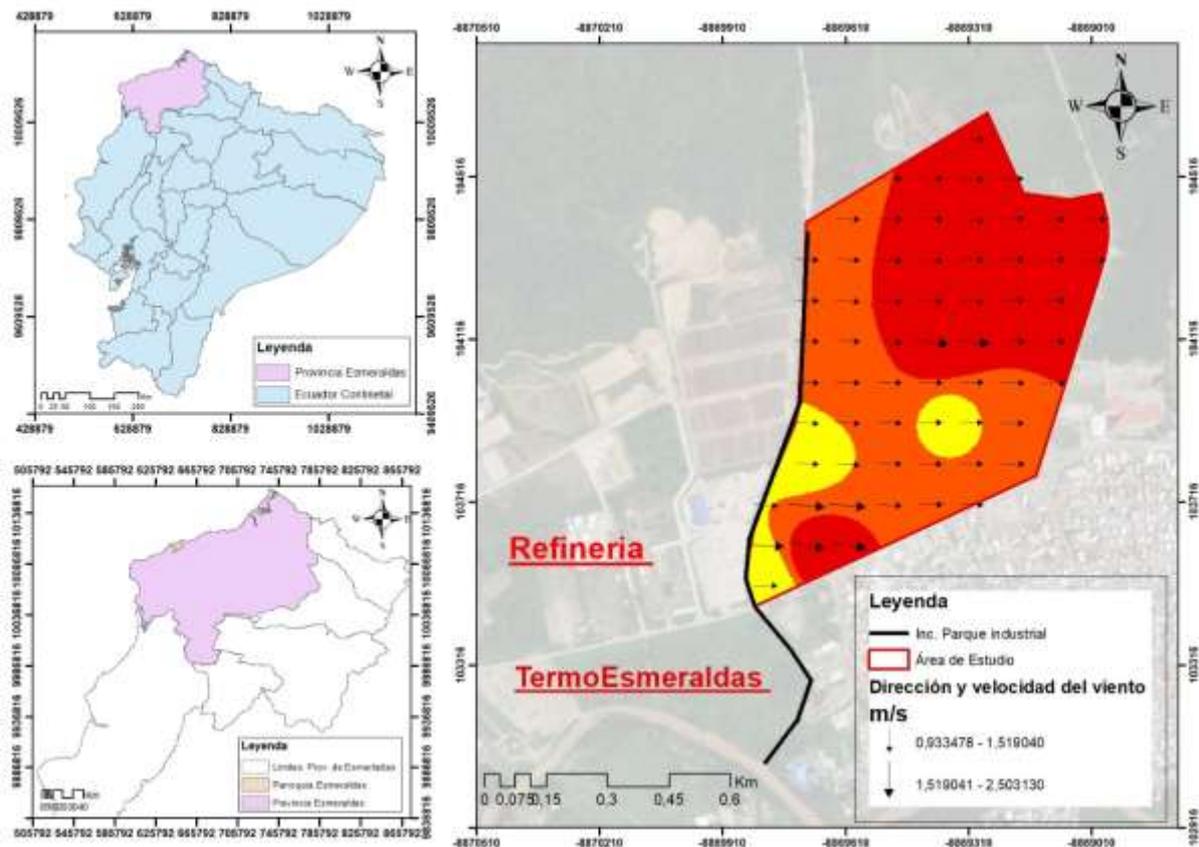
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Diseño de la red de monitoreo ambiental de material particulado sedimentable (MPS).

5.1.1. Dirección y velocidad del viento

Los registros de la velocidad y dirección del viento son 2 parámetros importantes en este estudio, ya que indican la dirección de mayor afectación (dirección hacia donde sopla) y el alcance de esta afectación (velocidad y distancia de acarreo de material contaminante). Como se puede observar en la **Figura 4** donde podemos notar que los contaminantes emitidos en el parque industrial avanza en dirección al área de estudio según los datos de vientos obtenidos que van de oeste a este. Empleando esta variable se realizan corridas preliminares de un modelo de dispersión para identificar el área probable de afectación.

Figura 4: Mapa de dirección y velocidad del viento de la ciudadela “La Florida”.



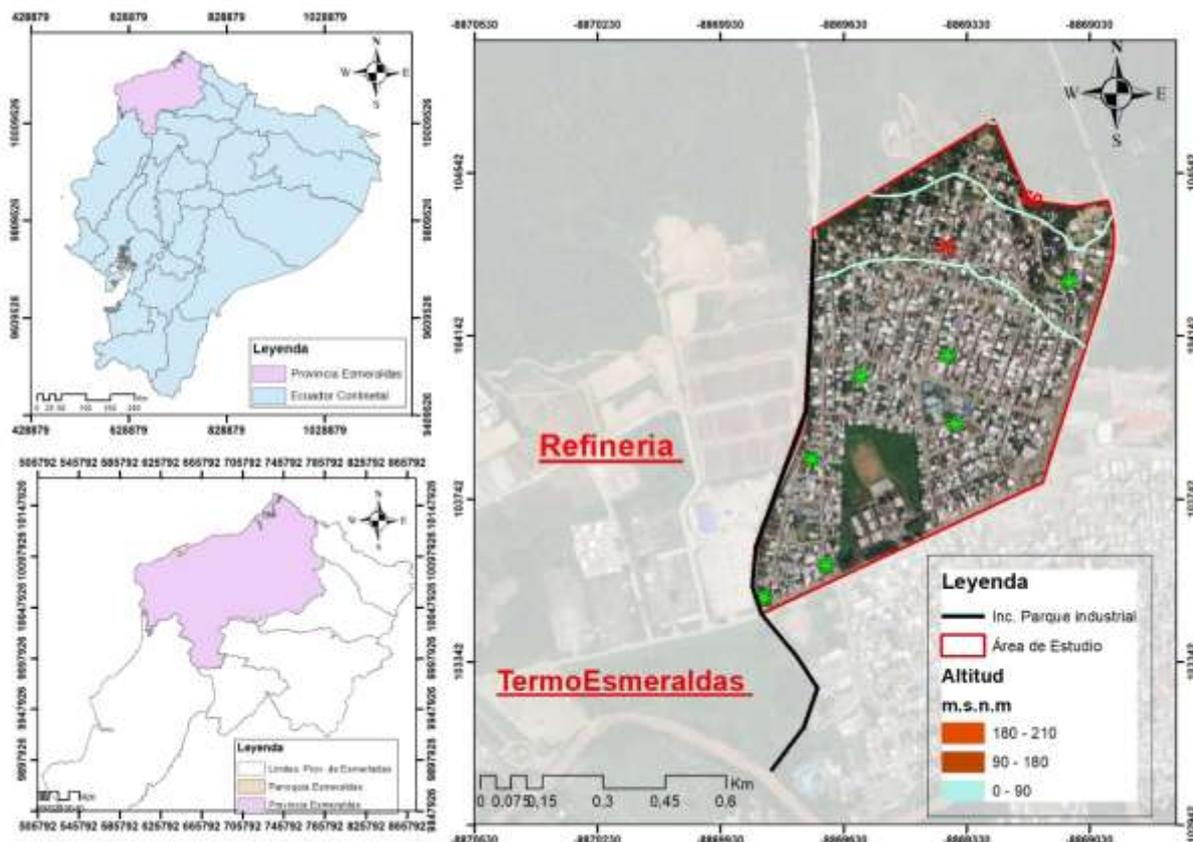
Autor: Karen Tenorio Castillo

5.1.2. Topografía del lugar

La topografía del área de estudio tiene un papel importante en la selección de sitios de ubicación para la colocación de los puntos de muestreo, ya que afecta las condiciones

locales de viento y la estabilidad (mezclado vertical) de la zona. Si se llega a ubicar los puntos de muestreo en terrenos complejos se dificultaría la accesibilidad. El suelo en el área de estudio es plano; suelos arcillo-arenosos; la superficie del área de estudio está formada en gran parte por bajorrelieves como se puede observar en la **Figura 5**. La carencia de elevaciones importantes en el área de estudio permite seleccionar adecuadamente los puntos de muestreo para la red de monitoreo (US EPA, 2010).

Figura 5: Mapa topográfico de la ciudadela “La Florida”.

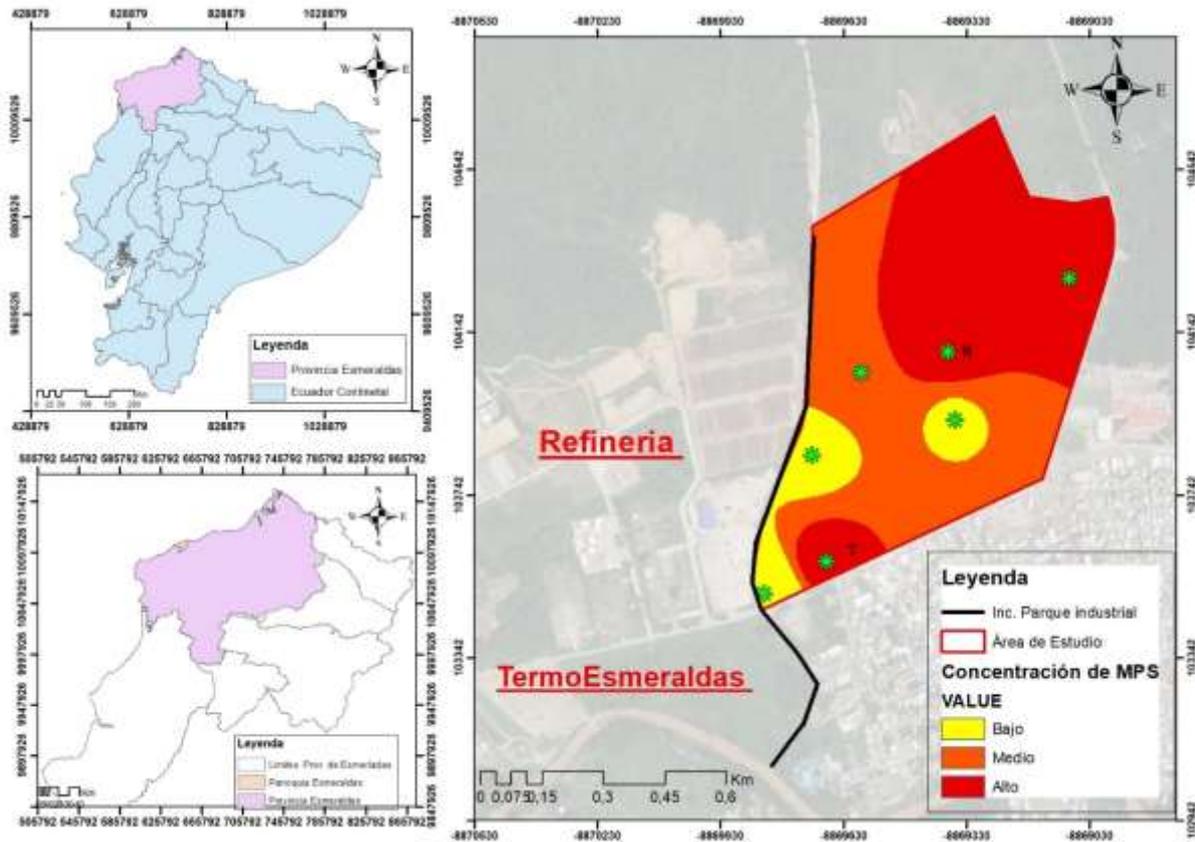


Autor: Karen Tenorio Castillo

5.1.3. Datos de los puntos preliminares de monitoreo de material particulado sedimentable el cual nos permitió saber la concentración mensual.

Los datos de concentración mensual de material particulado sedimentable nos sirven para poder seleccionar los puntos de muestreo claves para el diseño de la red de monitoreo de calidad de aire, para lo cual se debe tomar los puntos de muestreo que arrojaron valores altos, observando puntos 6 y 7 se encuentra los valores más altos de material particulado sedimentable como se pueden observar en la **Figura 6**.

Figura 6: Mapa de concentración de material particulado sedimentable de la ciudadela “La Florida”.



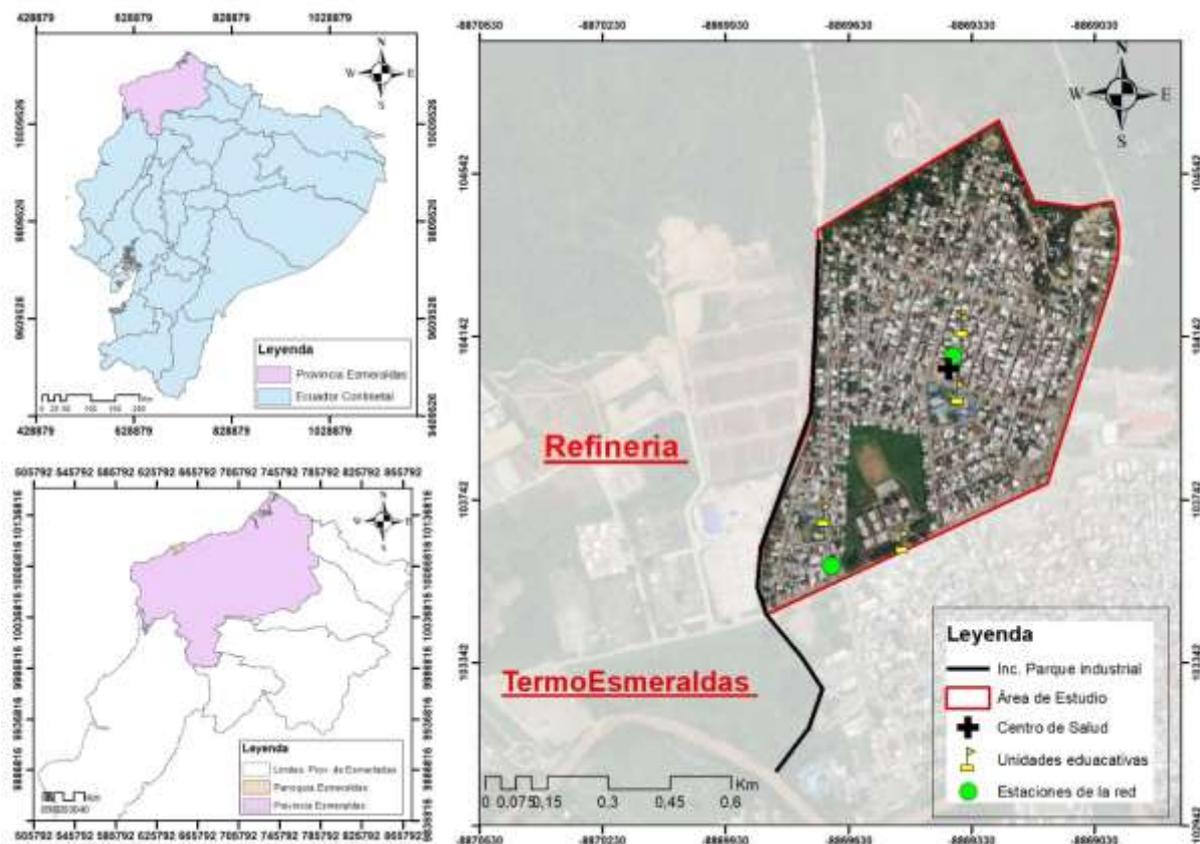
Autor: Karen Tenorio Castillo

5.1.4. Puntos de muestreo para la red monitoreo de calidad de aire para material particulado sedimentable.

Una vez analizados los mapa de dirección y velocidad del viento, mapa topográfico y mapa de concentración de material particulado sedimentable, se procedió a la selección de los puntos claves de muestreo que formarán parte de la red de monitoreo de calidad de aire. También se tomó en consideración ciertas sugerencias que da la Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (US EPA) lo cual nos dice que se debe ubicar cerca de lugares sensibles como unidades educativas, hospitales, sub-centros y cerca de poblaciones vulnerables (US EPA, 2010).

Es así que tomé la decisión de ubicar los 2 puntos de muestreos cerca de unidades educativas, centro de salud como se puede observar en la **Figura 7**. Además tomé en cuenta los datos de dirección y velocidad del viento, topografía y datos de muestreo preliminares que fueron de gran ayuda en la toma de decisión para ubicar los puntos de muestreo.

Figura 7: Mapa de ubicación de las estaciones de la red de monitoreo de calidad de aire”.



Autor: Karen Tenorio Castillo

5.2. Análisis de material particulado sedimentable con el método gravimétrico

En este trabajo se realizó el análisis de material particulado sedimentable mediante estaciones de monitoreo pasivo durante un periodo de un mes que es lo que indica el TULSMA y OMS.

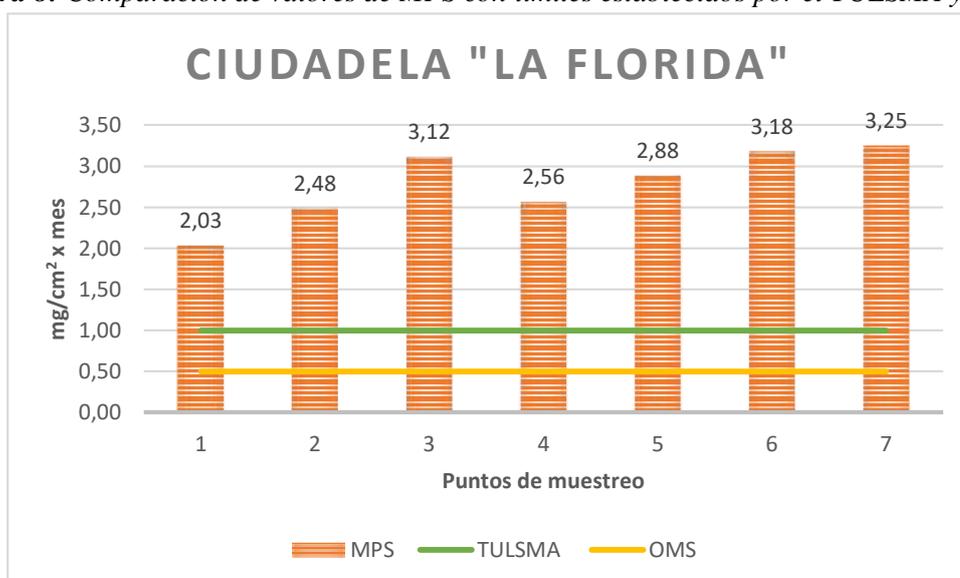
Para el monitoreo de material particulado sedimentable este se inició el 23 de junio y culminó el 23 de julio del 2018 el cual fue recolectado en papel filtro previamente retirada la humedad y pesado. A continuación en la **Tabla 4** se muestra los resultados de concentración de material particulado sedimentable los cuales se obtuvieron mediante el cálculo gravimétrico:

Tabla 4: Resultados de las concentraciones de MPS

Ubicación	Peso 1 (mg)	Peso 2 (mg)	Área (cm ²)	Mes	MPS (mg/cm ² x mes)
Punto 1	352,2	470	58,06	1	2,03
Punto 2	352,1	496,2	58,06	1	2,48
Punto 3	341,9	522,8	58,06	1	3,12
Punto 4	351,7	498,7	58,06	1	2,53
Punto 5	341,8	508,4	58,06	1	2,87
Punto 6	342,1	526,5	58,06	1	3,18
Punto 7	351,9	479,5	58,06	1	2,20

Autor: Karen Tenorio Castillo

Figura 8: Comparación de valores de MPS con límites establecidos por el TULSMA y OMS.



Autor: Karen Tenorio Castillo

El TULSMA establece que el límite máximo permisible de material particulado sedimentable es de (1 mg/cm²/mes) y para la OMS el límite máximo permisible de material particulado sedimentable es de (0,5 mg/cm²/mes), los valores que se reflejan en el área de estudio superan los límites permisibles establecidos tanto por el TULSMA y OMS como se muestra en la **Figura 8**. Los 7 puntos establecidos en la ciudadela “La Florida” reflejan alto grado de concentración de material particulado sedimentable datos obtenidos a partir del cálculo gravimétrico como se puede observar en la **Tabla 4**, esto puede ser ocasionado ya que la ciudadela “la Florida” es una área de influencia directa del parque industrial del cantón Esmeraldas, también se debe por la entrada y salida de vehículos.

La exposición a contaminantes atmosféricos tóxicos proveniente de derivados de petróleo puede causar problemas respiratorios y otros problemas de salud graves, y puede incrementar el riesgo de desarrollar cáncer (US EPA, 2015).

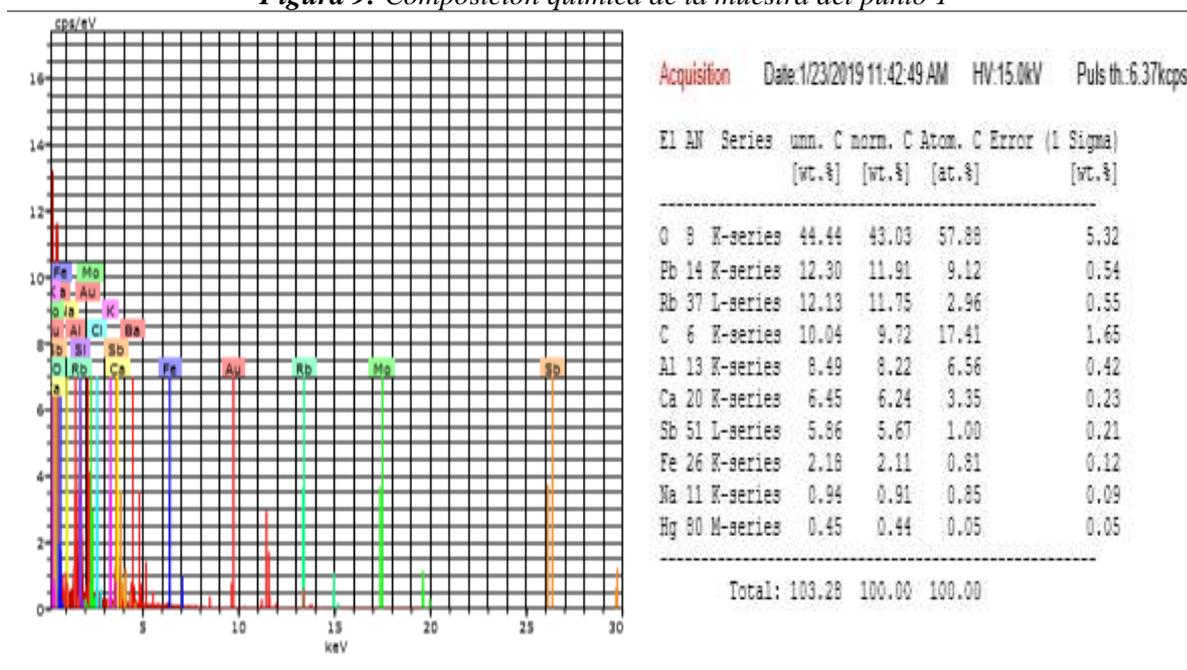
La alta concentración de MPS es un problema ambiental y social debido a que provoca varias enfermedades respiratorias como la bronquitis y aumenta los efectos de otras enfermedades cardiovasculares (Bermeo, 2016).

5.3. Composición química y morfología del material particulado sedimentable (MPS).

La composición química del material particulado sedimentable recolectado en papel filtro proveniente de la ciudadela “La Florida” se determinó por medio de espectroscopia de fotones rayos x dispersados (EDX), se examinó 7 muestras del cual se tomó para su análisis cinco puntos uno en el centro y los cuatro restantes constaba de cada esquina de la muestra, donde se obtiene un gráfico y una tabla con la composición química en porcentaje **Figura 9**.

También se analizó la morfología a las partículas sedimentadas que se encontraban en el papel filtro con el uso del microscopio electrónico de barrido, donde se tomaron imágenes a 5x, 500x, 200x y 100x donde se puede identificar la forma y el tamaño de las partículas sedimentadas **Figura 10**.

Figura 9: Composición química de la muestra del punto 1



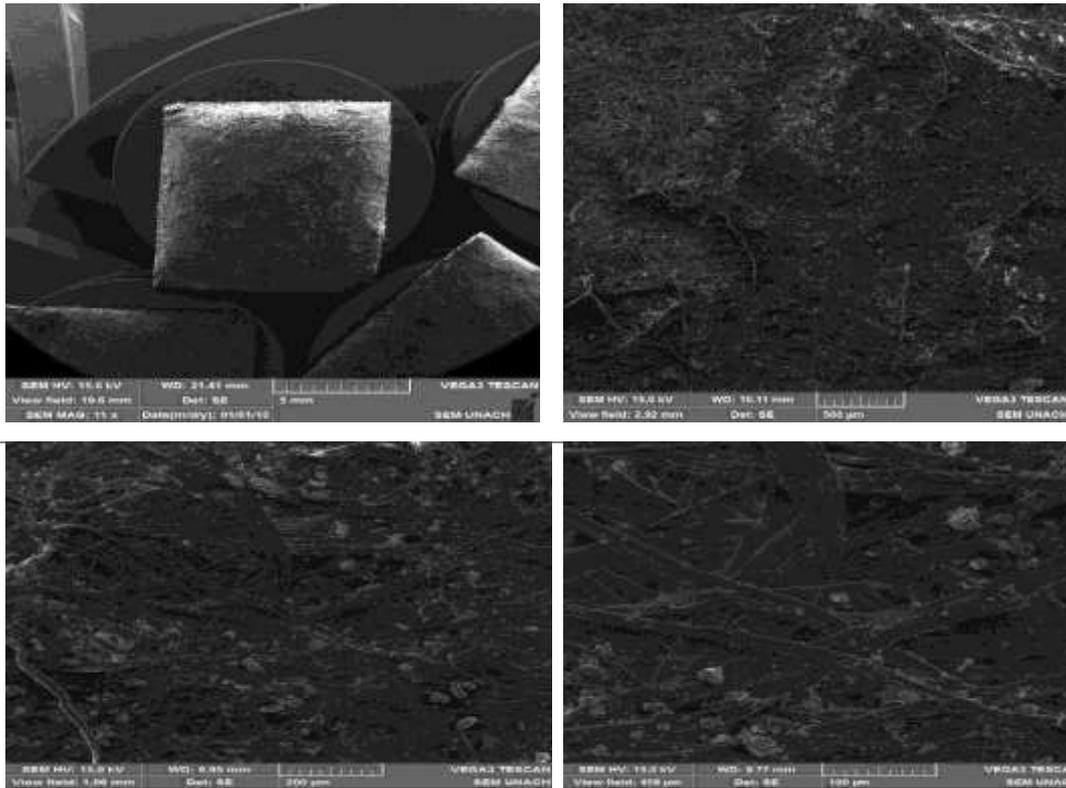
Fuente: UNACH. Laboratorio de microscopia.

Tabla 5: Promedio de porcentaje de composición química del material particulado sedimentable

Porcentaje de composición química del material particulado sedimentable (MPS)								
Compuestos	punto 1	punto 2	punto 3	punto 4	punto 5	punto 6	punto 7	Promedio
Oxígeno (O)	43,61	45,32	46,43	41,48	35,67	34,81	52,24	42,79
Carbono (C)	37,79	44,93	36,02	22,04	31,01	46,42	14,88	33,30
Bario (Ba)	9,03						7,81	8,42
Rubidio (Rb)	7,77	6,46	8,63	8,84	7,07	4,85	11,94	7,94
Silicio (Si)	6,73	5,88	9,51	9,64	6,55	6,58	8,50	7,63
Níquel (Ni)		2,92	10,45	17,47	3,19	7,63	3,47	7,52
Mercurio (Hg)	2,29	0,44		2,80	5,97	10,32	21,78	7,27
Antimonio(Sb)	5,32	2,96	5,44	8,91	9,33	4,29	3,56	5,69
Cromo (Cr)		2,05		10,48	9,47	4,12	0,37	5,30
Plomo (Pb)	1,10	11,91		3,50	2,40	5,04	2,02	4,33
Molibdeno (Mo)	2,30		6,24	3,47	2,50		6,89	4,28
Vanadio (V)		1,14			2,52	0,58	12,71	4,24
Aluminio (Al)	3,49	4,64	2,84	0,27	7,51	3,26	4,94	3,85
Niobio (Nb)			1,92	5,49				3,71
Calcio (Ca)	6,40	4,67	3,55	0,00	2,40	1,08	3,02	3,02
Hierro (Fe)	1,02	2,15	1,64	7,11	5,21	1,38	1,54	2,86
Cadmio (Cd)	3,22						2,30	2,76
Azufre (s)	0,44	1,05		3,38	1,45	3,69	2,19	2,03
Indio (In)		3,32					0,72	2,02
Circonio (Zr)		0,62	2,27	1,10	2,82	0,21	4,59	1,94
Rutenio (Ru)	2,46		1,12	0,40	3,18	0,66		1,56
Magnesio (Mg)	1,15	1,69	0,91	2,80			1,11	1,53
Bromo (Br)			2,71		0,61		0,90	1,41
Sodio(Na)	1,41	1,50	0,92	0,37	0,96	0,40	3,54	1,30
Potasio (K)	0,67	0,74	0,49	1,96	0,77			0,93
Cloro (Cl)	1,52	0,47	0,76	1,10	1,07	0,34	0,55	0,83
Cobalto (Co)					0,80			0,80
Selenio (Se)					0,92	0,34		0,63

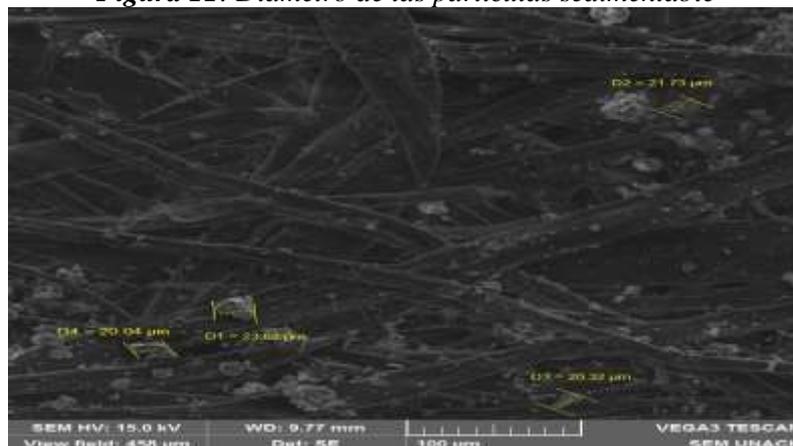
Autor: Karen Tenorio Castillo

Figura 10: Morfología del material particulado sedimentable correspondiente a la ciudadela “La Florida”.



Fuente: UNACH. Laboratorio de microscopia

Figura 11: Diámetro de las partículas sedimentable



Fuente: UNACH. Laboratorio de microscopia

Análisis:

Al analizar la morfología de las 7 muestras recolectadas en el área de estudio se puede apreciar en el microscopio que la mayoría de las partículas son de formas irregulares y esféricas como se observa en la **Figura 10**, que indican que son provenientes de procesos de refinación, combustión y otros procesos realizados a altas temperaturas (Cuellar, Borja,

Ordoñez, & Rodriguez, 2009). También se aprecia el diámetro de las partículas sedimentables las misma oscilan entre 1,63um y 23,02um **Figura 11**.

En las 7 muestras analizadas (**Tabla 5**) se obtuvo 28 elementos químicos de los cuales: 4 son no metales, 3 metales alcalinotérreos, 3 metales alcalinos, 2 metaloides, 11 metales de transición, 3 metales pos transicionales y 2 halógenos.

Los no metales encontrados en nuestra muestra tienen un porcentaje: Carbono 32,30%, Oxígeno 42,72%, Azufre 2,03%, y Selenio 0,63%.

El C y O se produce a partir de la combustión incompleta de vehículos automotores con uso de diésel. Este puede permanecer en la atmósfera por varios días y semanas, para luego sedimentar. (Bergman, 2011)

El azufre está asociado con el contenido en azufre de los combustibles fósiles, están relacionados con la combustión del gasóleo en los vehículos y producción de energía y carbón en las centrales térmicas, determinados procesos industriales (Diaz & Linares, 2010). El azufre es un veneno altamente nocivo para la salud de las personas al estar expuesto en altas concentraciones teniendo los siguientes efectos en las personas: Dificultad para respirar, inflamación de las vías respiratorias, irritación ocular por formación de ácido sulfuroso sobre las mucosas húmedas, Edema pulmonar, Paro cardíaco, Colapso circulatorio (Geoambiental, 2018).

El selenio se encontró en nuestra muestra en mínimo porcentaje, ampliamente distribuido en la naturaleza en la mayoría de las rocas y suelos, este puede ser liberado al ambiente mediante procesos tanto naturales como de manufactura, el selenio puede entrar al aire al quemar carbón y petróleo. La exposición a altos niveles puede producir efectos adversos sobre la salud, las exposiciones breves a altos niveles de selenio en el aire pueden producir irritación de las vías respiratorias, bronquitis, dificultad para respirar y dolores de estómago. La exposición más prolongada a cualquiera de estas formas en el aire puede producir irritación de las vías respiratorias, espasmos bronquiales y tos (ATSDR., 2019).

Los metales alcalinotérreos se encontraron 3 elementos de este grupo con porcentaje (**Tabla 5**): Bario 8,42%, Calcio 3,02%, Magnesio 1,53%.

El bario, calcio y magnesio son un elemento químico que se encuentra de forma natural en el ambiente en pequeñas concentraciones que no producen daño al ser humano sin embargo también son utilizados en algunos procesos industriales que hacen que aumenten su concentración en el medio ambiente pudiendo causar daños pulmonares a la población expuesta (ATSDR, 2017).

Los metales alcalinos, en las muestras de estudio se encontraron 3 elementos de este grupo con un porcentaje (**Tabla 5**): Rubidio 7,94%, sodio 1,30 %, y potasio 0,93%, estos 2 últimos elementos se utiliza como refrigerante en las plantas termoeléctricas y el rubidio proviene de los catalizadores de los vehículos ligeros, pesados y otros medios de transporte y maquinaria, que utilizan básicamente como combustibles gasolina y diésel., en bajas concentraciones no traen problema a salud (Quijano, Martinez, & Henao, 2010).

Los metaloides, en la composición química de la muestra se encontraron 2 elementos con diferente porcentaje de este grupo los cuales son (**Tabla 5**): silicio 7,63%, y antimonio 5,69; el silicio es proveniente de la composición del suelo y el antimonio provienen de la combustión de vehículos, desgaste de neumáticos y frenos (Belmonte, 2015).

Los metales de transición están constituidos por elementos químicos los cuales la mayoría de ellos son utilizados como catalizadores para las reacciones industriales (Olmo & Nave, 2010). En las muestras se encontraron en diferente porcentaje como (**Tabla 5**): níquel 7,52%, mercurio 7,27%, cromo 5,30%, molibdeno 4,28 %, vanadio 4,24%, niobio 3,71%, hierro 2,86%, cadmio 2,76%, circonio 1,94%, rutenio 1,56%, cobalto 0,80%, algunos de estos elementos son considerados metales pesados altamente tóxicos y son provenientes a causa de la refinación de petróleo, en termoeléctricas, combustión internas de los motores, estos son altamente tóxicos y estos entra a nuestro cuerpo a través del aire que respiramos y por la piel y pueden causar complicaciones en la salud (LONDOÑO & LONDOÑO, 2016).

Los metales pos-transicionales, en las muestras analizadas se encontraron 2 elementos pertenecientes a este grupo en los siguientes porcentajes (**Tabla 5**): Aluminio 3,85% y Plomo 4,33 %, este último elemento mencionado entra al grupo considerado como metales pesados el cual es considerablemente toxico y perjudicial para la salud. El plomo (Pb) que es un metal pesado, constituye un elemento tóxico que se acumula en el cuerpo conforme se inhala del aire o se ingiere con los alimentos y el agua.

Las principales fuentes de emisión de este metal en la atmósfera han sido atribuidas a la refinación del petróleo y a la combustión de la gasolina (PEREZ & HERNANDEZ, 2012).

6. CONCLUSIONES

- Determine 2 puntos clave de muestreo de material particulado sedimentable para la red de monitoreo de calidad de aire los cuales se encuentra en puntos cercanos a establecimientos educativos y centro de salud siguiendo las sugerencias que da la US EPA para poder conocer mensualmente los niveles de contaminación y tipo de contaminantes a los que se encuentran expuestos los habitantes.
- En el estudio de material particulado sedimentable se ha logrado descubrir la presencia de 28 elementos químicos donde la mayoría son provenientes de forma antropogénico debido a los procesos de refinación de petróleo, combustión de derivados de petróleo como termoeléctricas, flujo vehicular y en menor parte derivados de fuentes naturales.
- En consecuencia en la composición se encontraron 11 elementos químicos identificados por la OMS. como peligrosos son: cadmio, mercurio, plomo, níquel, vanadio, molibdeno, circonio, rutenio, cobalto, cromo, indio, que al estar expuesto en pequeñas cantidades repercuten en la salud del ser humano causando enfermedades respiratorias, dérmica, cardiológicas y posiblemente cáncer.
- Se encontraron partículas con un diámetro de 1,63 a 23,02 μ m, las cuales son peligrosas para la salud porque pueden penetrar profundamente en los pulmones y al torrente sanguíneo.
- Los datos obtenidos el material particulado sedimentable sobrepasan los límites permisibles establecidos por la OMS y TULSMA; obteniendo valores altos entre 3,18 $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$ y 2,03 $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$ debido a la incidencia del parque industrial causando afectaciones de salud a una gran parte de la población del área de estudio.

7. RECOMENDACIONES

- Es de vital importancia instalar una red de monitoreo de calidad de aire en la ciudadela “La Florida” para poder tener datos relevante de la calidad de aire en esta zona y que la población de este sector sepan a los niveles de contaminación que están expuesto.
- Las autoridades cantonales y del Ministerio del Ambiente deben tomar medidas correctivas sobre las industrias que conforman el parque industrial para que reduzcan las emisiones contaminantes.
- Instalaran alarmas y realizar un plan de evacuación del sector para cuando los niveles de contaminación pongan en riesgo la salud de los habitantes.

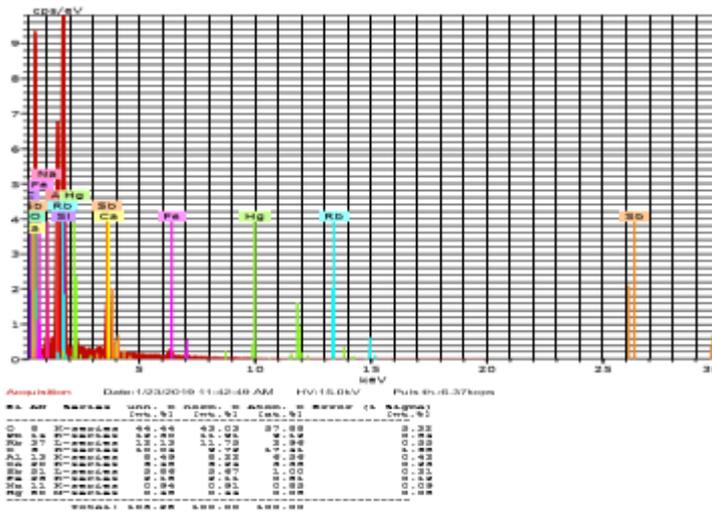
8. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). (2019). Reseña Toxicológica del Selenio. Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts92.html
- Belmonte, B. (2015). Cámaras de Combustión. En Motores de Reacción y Turbinas de Gas. Paraninfo.
- Bergman, J. (2011). Carbón Negro. Obtenido de https://www.windows2universe.org/earth/climate/black_carbon.html&lang=sp
- Bermeo, A. (2016). Análisis cuantitativo del material particulado sedimentable con variables meteorológicas en 13 estaciones.
- Centeno, R. E. (2011). fuente de enfermedades respiratoria y dermicas . Zona industrial fuente de enfermedades.
- Cevallos, J. (2018). CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE PARA DETERMINAR EL GRADO DE CONTAMINACIÓN DE AIRE EN LA CIUDAD DE AMBATO. Riobamba: UNACH.
- CORLETO, A., & CORTEZ, D. (2012). Comparación de los métodos de Bergerhoff y placas receptoras para la cuantificación de polvo atmosférico sedimentable. Universidad de El Salvador, El Salvador.
- Cuellar, F., Borja, M., Ordoñez, E., & Rodriguez, I. (2009). Análisis temporal de las concentraciones y morfología de partículas suspendidas menores a 10 micrometros de la zona industrial del Valle de Toluca. Afinidad IQS, 1-5.
- Diaz, J., & Linares, C. (2010). Calidad del aire y salud. Obtenido de <http://ecodes.org/salud-calidad-aire/201302176118/Las-causas-de-la-contaminacion-atmosferica-y-los-contaminantes-atmosfericos-mas-importantes>
- Díaz, V. (2015). Informe de la Calidad del Aire en Quito. Obtenido de www.quitoambiente.gob.ec
- Division of Toxicology and Human Health Sciences. (2017). Agencia para Sustancias tóxicas y el Registro de enfermedades . Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs24.html
- Espinosa, A. (2010). especiación química y física de metales en la materia particulada atmosférica: aplicación al estudio de la contaminación ambiental de la ciudad de Sevilla. . Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Fernandez, R. (2011). Metodología de evaluación de la calidad. RANF, 12.

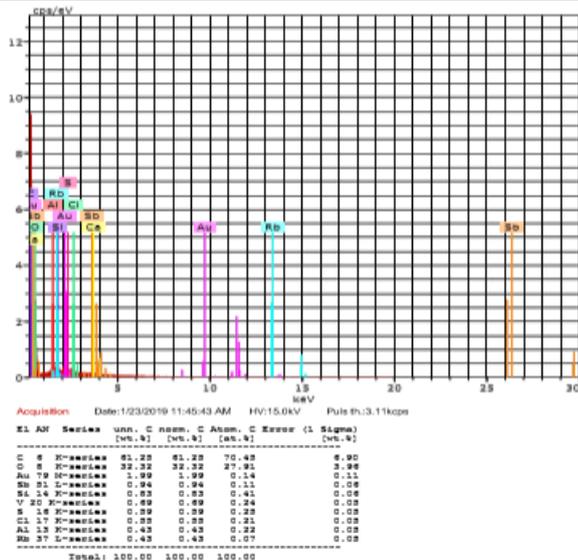
- Fundación para la salud geoambiental. (2018). Obtenido de <https://www.saludgeoambiental.org/azufre>
- GAD. Esmeraldas . (2011). Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Esmeraldas. Esmeraldas: GAD. Esmeraldas.
- GEO Ecuador. (2009). Estado del aire. Quito: FLACSO.
- INE, I. N. (2015). Principios de Medición de la calidad del aire. Mexico: SINAICA.
- INSPM, I. N. (2011). INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA MÉXICO. Recuperado el 16 de Agosto de 2018, de INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA MÉXICO.: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/695/importancia.pdf>.
- LONDOÑO, L., & LONDOÑO, P. (2016). LOS RIESGOS DE LOS METALES PESADOS. Scielo, 3-5.
- López, S., & Becerra, P. (2016). Evaluacion de la contaminacion atmosferica respecto al material particulado menor a 10µm, en el casco urbano del Municipio de Ocaña, norte de Santander. Universidad Francisco de Paula. Obtenido de <http://200.93.148.28/drupal/files/D1dCBLxWr0Gnvid.pdf>
- MAE. (2010). Plan Nacional de la Calidad de Aire. En Plan Nacional de la Calidad de Aire. Quito, Ecuador .
- MAE, M. d. (2010). Plan Nacional de Calidad de Aire. Quito.
- Marcos, R., & Cabrera, M. (2009). Estudio comparativo para la determinación del polvo atmosferico sedimentable empleando la metodologías de tubo pasivo y placa receptora. Centro de Desarrollo e Investigación en Termofluidos CEDIT, 51.
- Marcos, R., & Valderrama, R. (2012). CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR MATERIAL. Lima: Centro de Desarrollo E Investigación En Termofluidos (CEDIT) Departamento de Ingeniería Mecánica de Fluidos (DAIMF).
- Olmo, M., & Nave, R. (2010). HyperPhysics. Obtenido de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/pertab/tranel.html>
- OMS. (2016). Calidad del aire ambiente (exterior) y salud. Recuperado el 20 de Mayo de 2018, de Calidad del aire ambiente (exterior) y salud: <http://www.who.int/mediaentre/factsheets/fs313/es/>
- OMS. (2016). Organización Mundial de la Salud. Recuperado el 14 de Enero de 2019, de https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/chemicals_phc/es/
- OPS, O. P. (2010). Determinantes ambientales y sociales de la salud.

- PEREZ, L., & HERNANDEZ, L. (2012). DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN PARTICULAS RESPIRABLES E IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE EMISION, A PARTIR DE UN MUESTREO ATMOSFERICO EN LA LOCALIDAD DE PUENTE ARANDA . Bogota .
- PNUMA. (2009). Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: Geo Esmeraldas. Esmeraldas.
- Quijano, A., Martinez, J., & Henao, J. (2010). Caracterización fisicoquímica del material particulado fracción respirable PM2,5 en Pamplona-Norte de Santander. Colombia .
- Rubio, M. (2010). Revisión y estructuración de los manuales de monitoreo atmosférico para fortalecer la operación y mantenimiento de las redes de monitoreo de la calidad de aire. Recuperado el 1 de Octubre de 2018, de <http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgcnec>.
- Santillán, P. (2016). Estimación del grado de contaminación de Material Particulado Atmosférico y Sedimentable en el laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH. Perfiles, 8.
- USEPA. (2012). Particulate Matter. Obtenido de <https://www.epa.gov/airquality/particlepollution/>
- USEPA, U. S. (2010). Anexo D. Las Vegas.
- USEPA, U. S. (2015). RIESGOS DEL SECTOR DE REFINERÍA DE PETRÓLEO. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Desktop/Archivos/060216_doc_1_spanishpetreffactsheetfinaloverview.pdf
- USEPA, U. S. (2017). Anexo A. Las vegas.

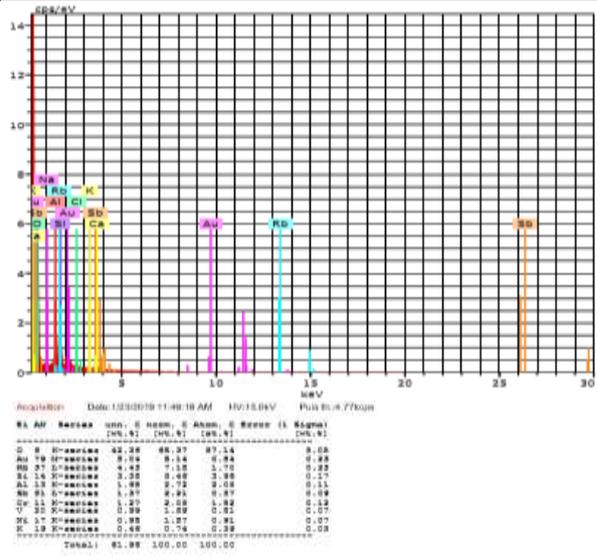
Tabla 7: Composición química de Mps del punto 2
Centro



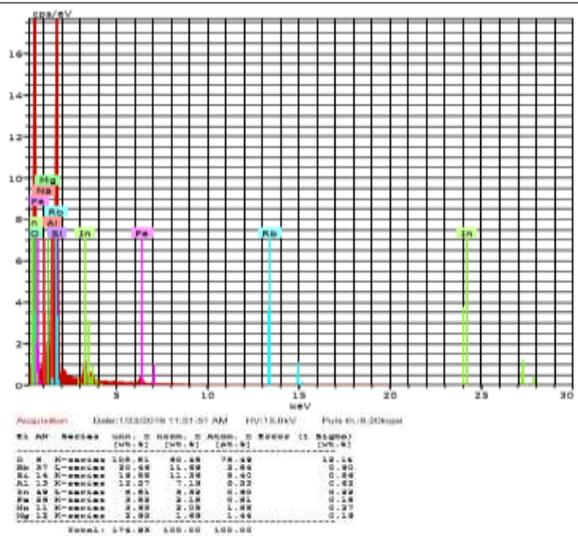
Punta 1



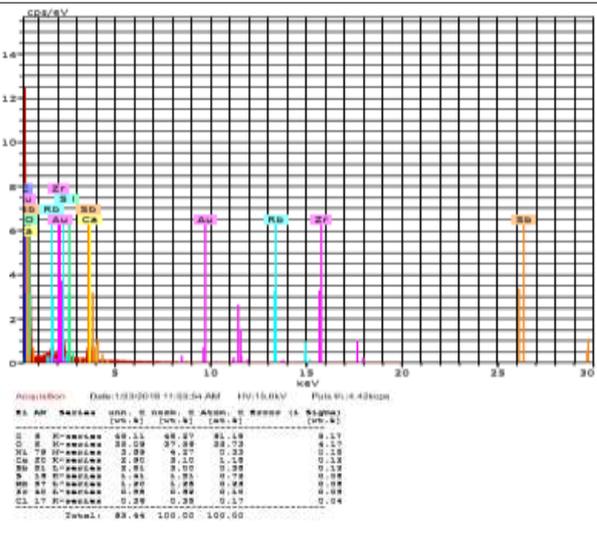
Punta 2



Punta 3

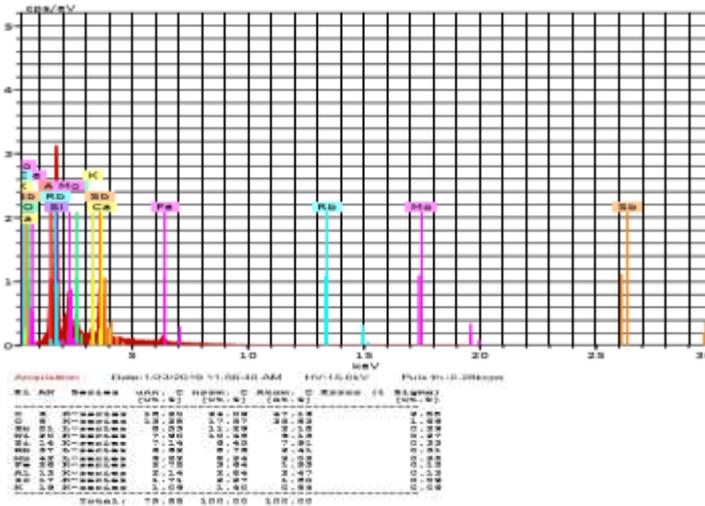


Punta 4

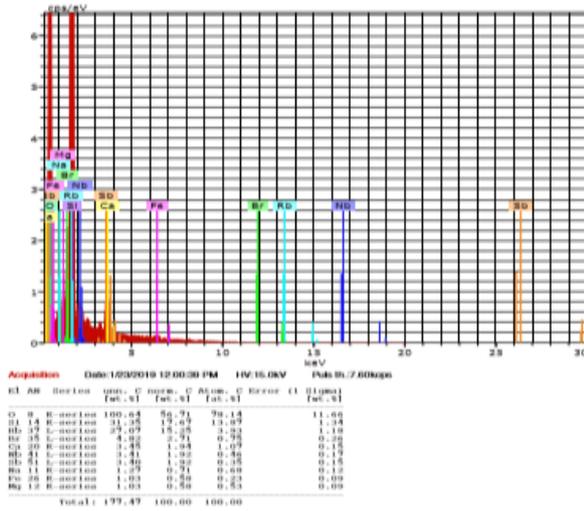


Fuente: UNACH. Laboratorio de microscopia

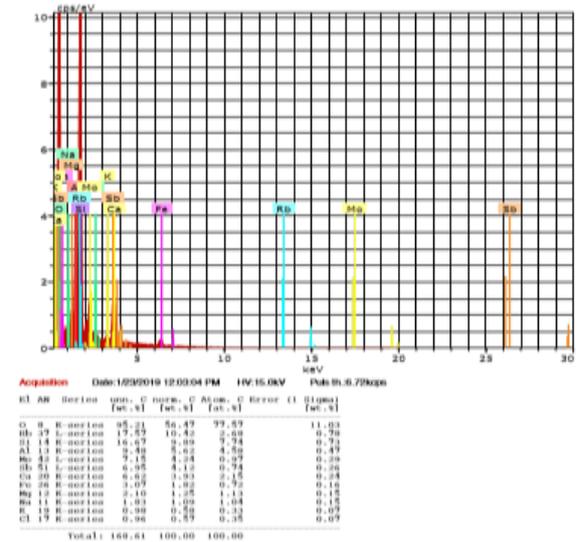
Tabla 8: Composición química de Mps del punto 3 Centro



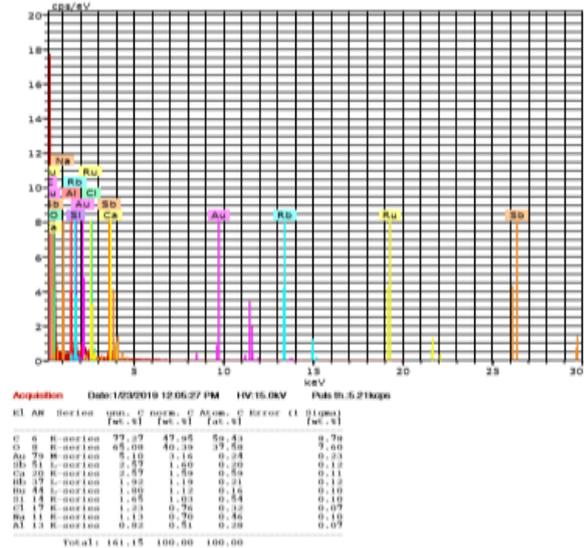
Punta 1



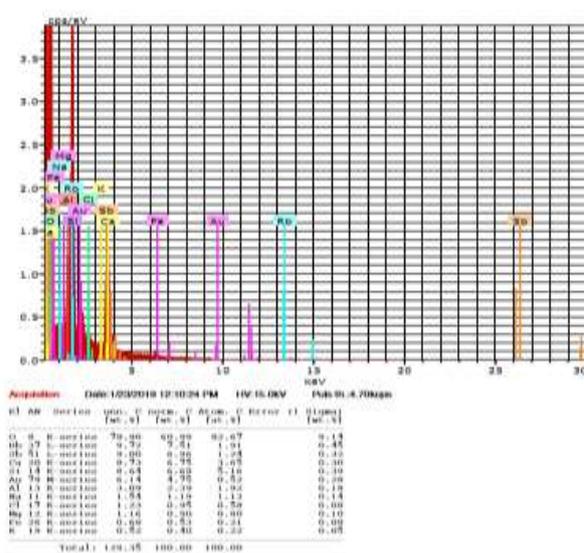
Punta 2



Punta 3

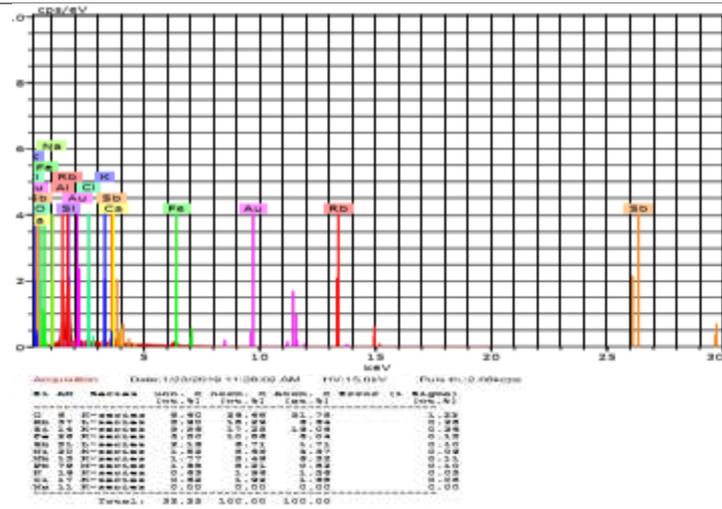


Punta 4

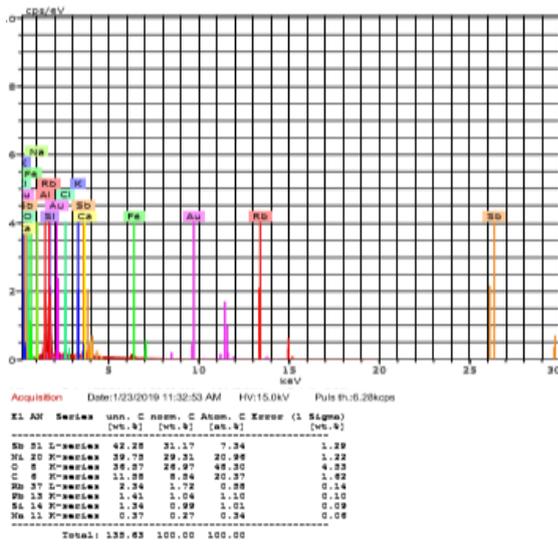


Fuente: UNACH. Laboratorio de microscopia

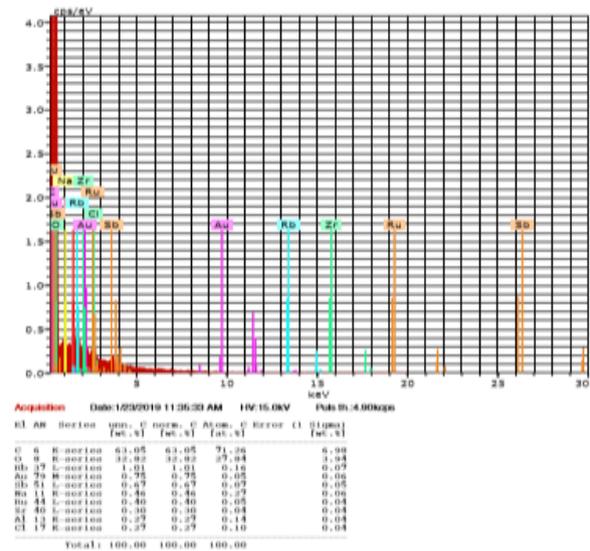
Tabla 9: Composición química de Mps del punto 4 Centro



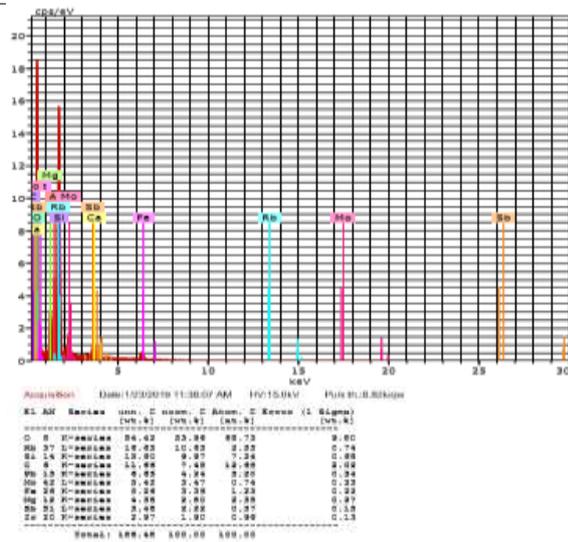
Punta 1



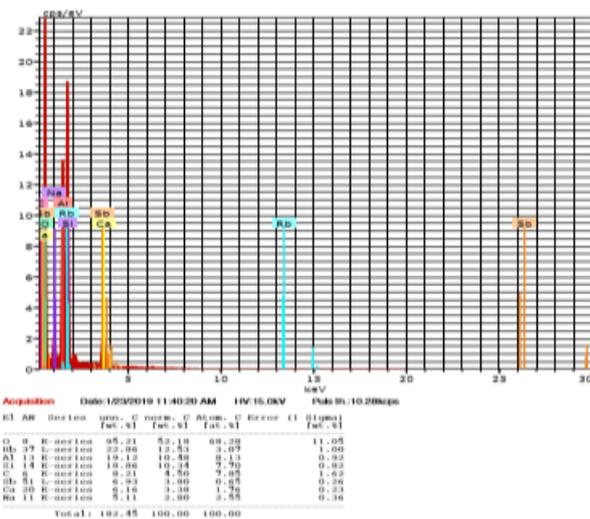
Punta 2



Punta 3

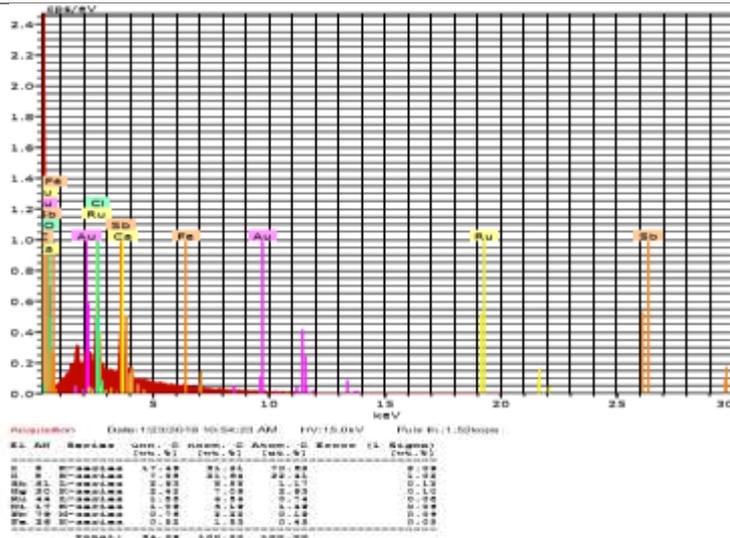


Punta 4

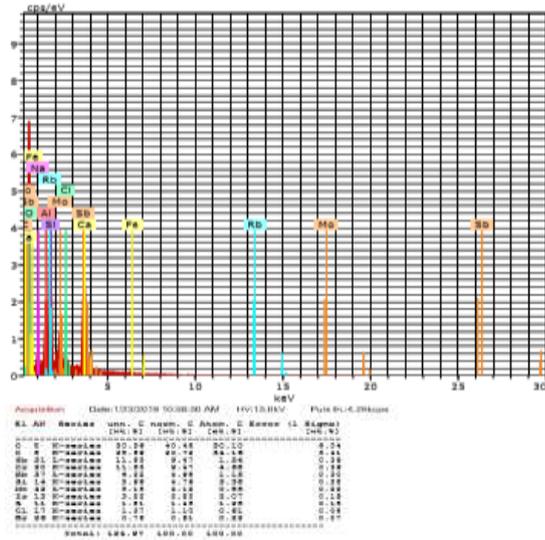


Fuente: UNACH. Laboratorio de microscopia

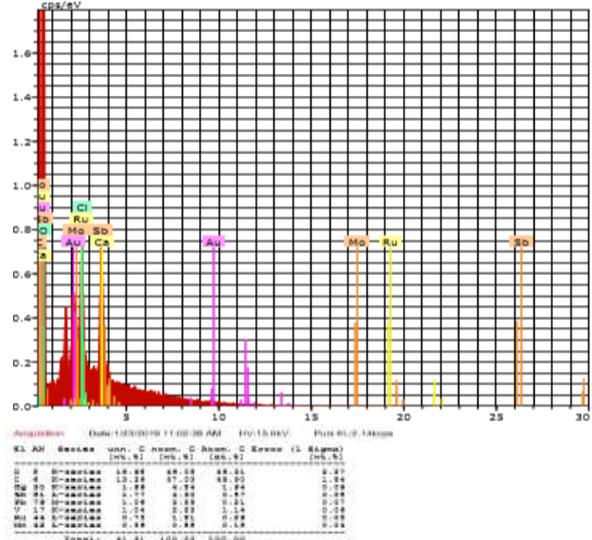
Tabla 10: Composición química de Mps del punto 5
Centro



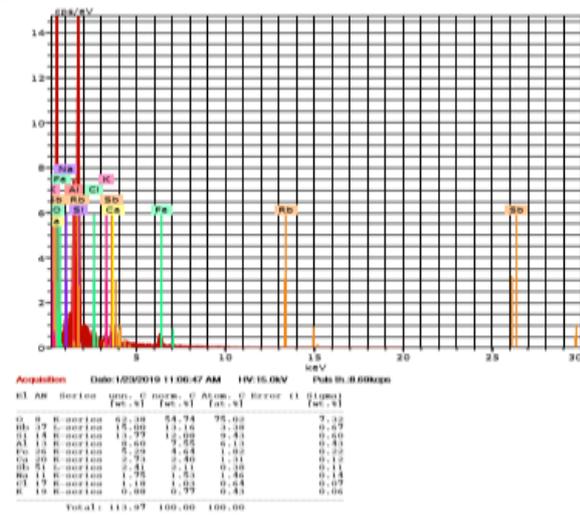
Punta 1



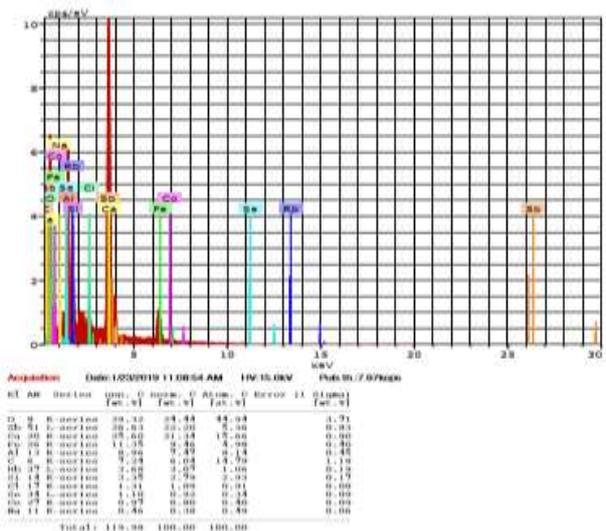
Punta 2



Punta 3

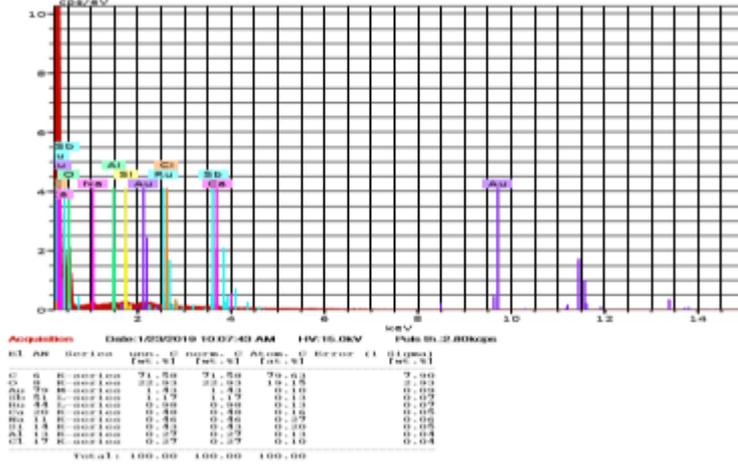


Punta 4

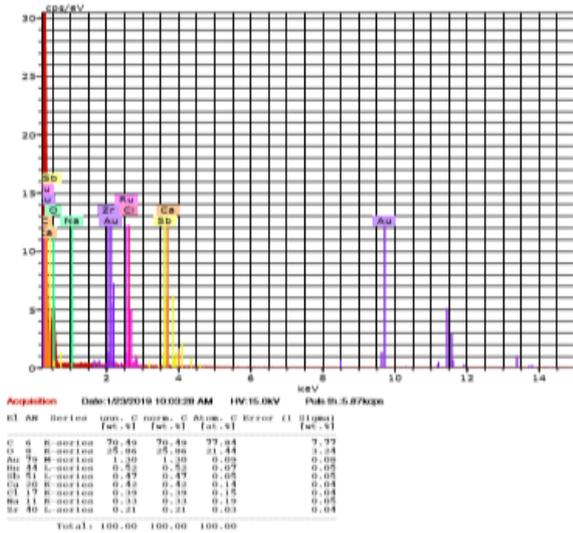


Fuente: UNACH. Laboratorio de microscopia

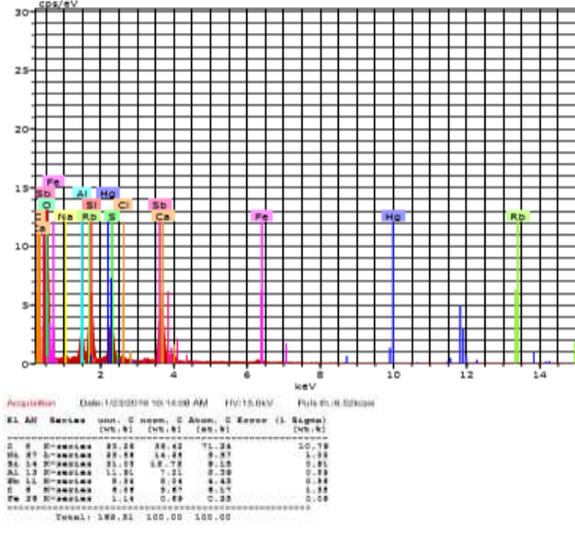
Tabla II: Composición química de Mps del punto 6 Centro



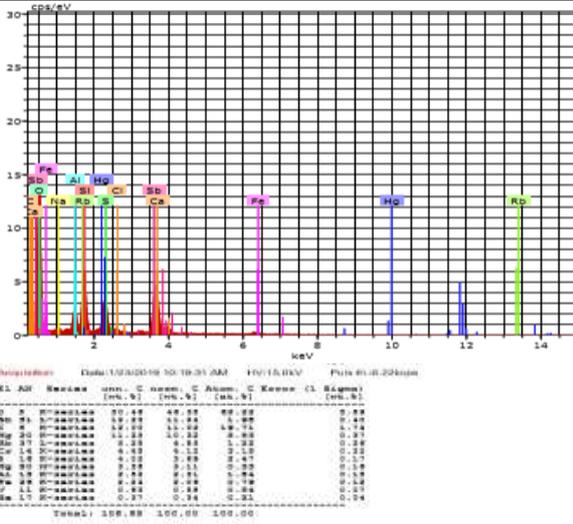
Punta 1



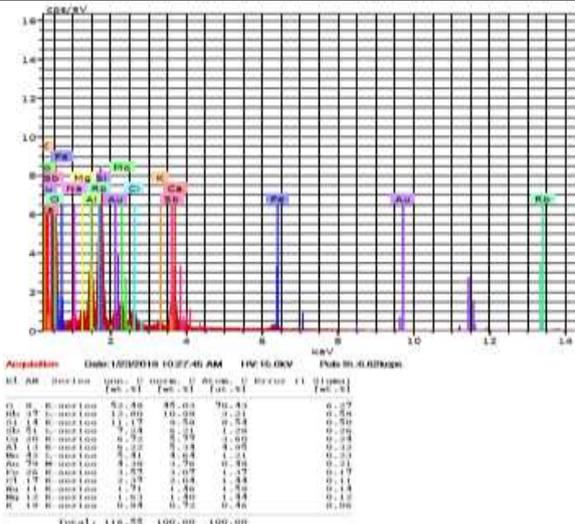
Punta 2



Punta 3

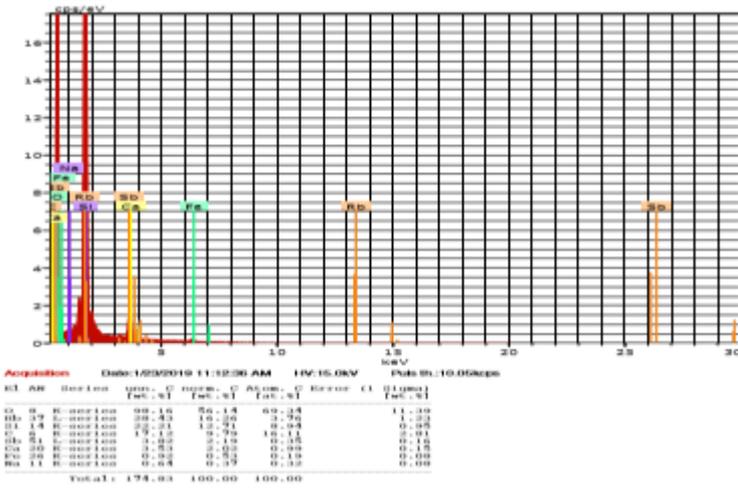


Punta 4

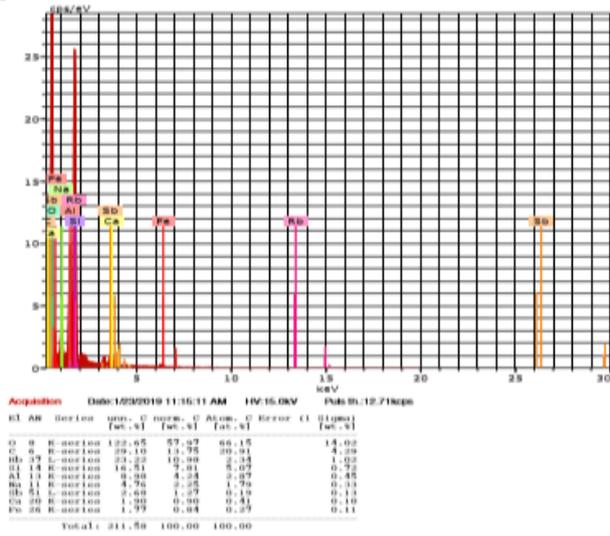


Fuente: UNACH. Laboratorio de microscopia

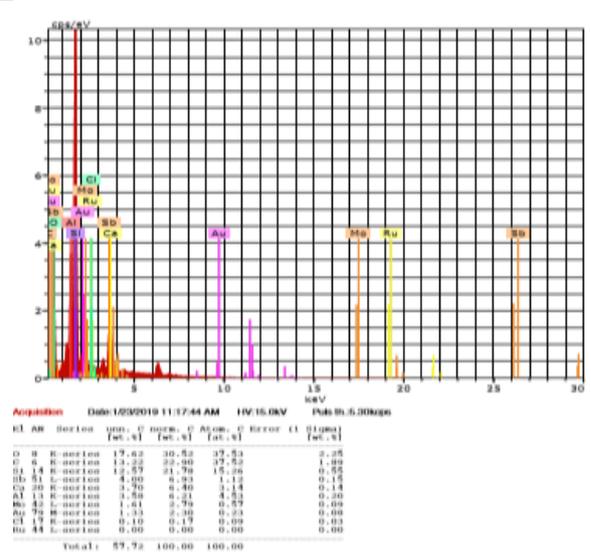
Tabla 12: Composición química de Mps del punto 7 Centro



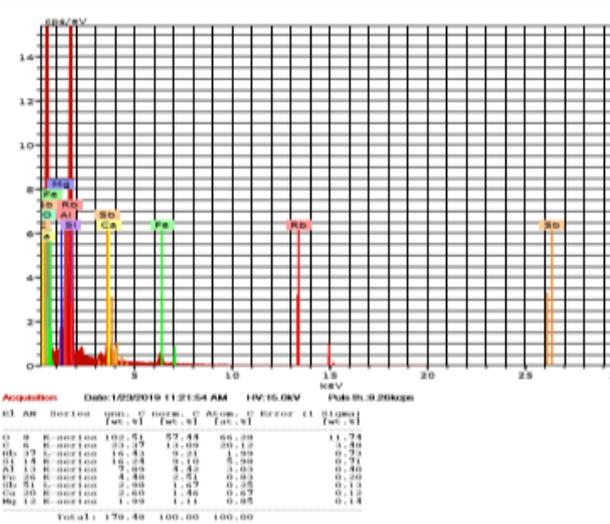
Punta 1



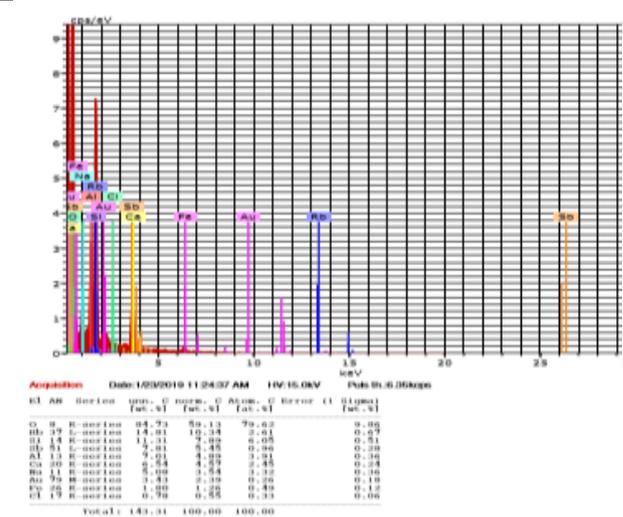
Punta 2



Punta 3



Punta 4

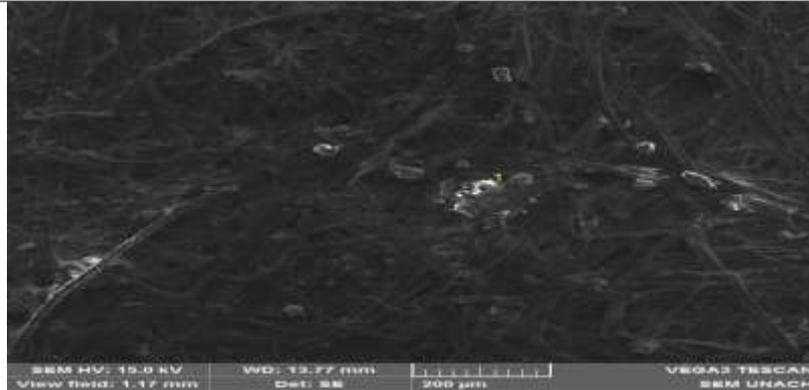


Fuente: UNACH. Laboratorio de microscopia

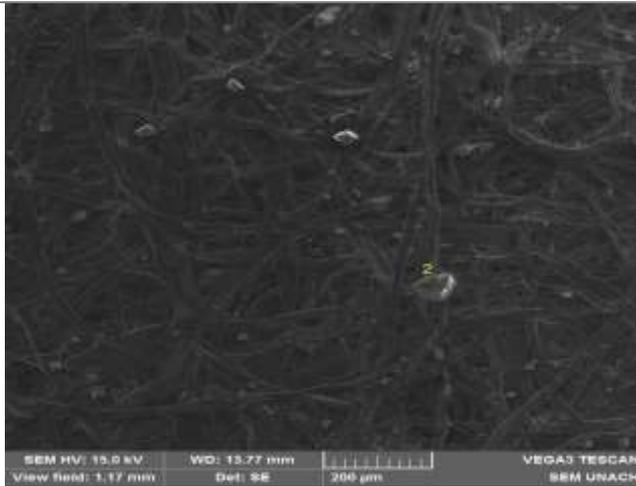
9.2.Morfología del material particulado sedimentable de la ciudadela “La Florida”.

Tabla 13: Morfología de MPS del punto 1

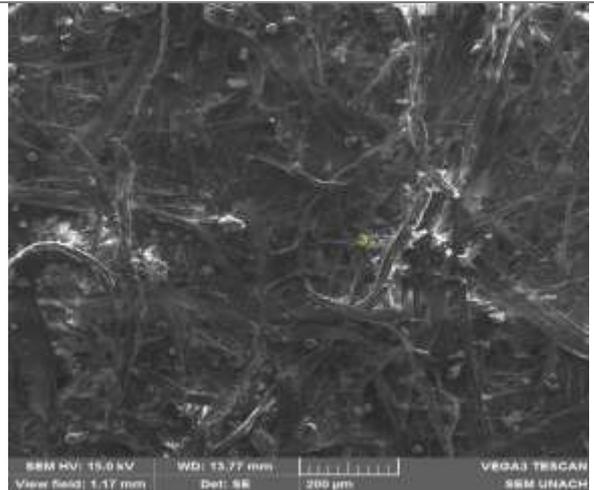
Centro



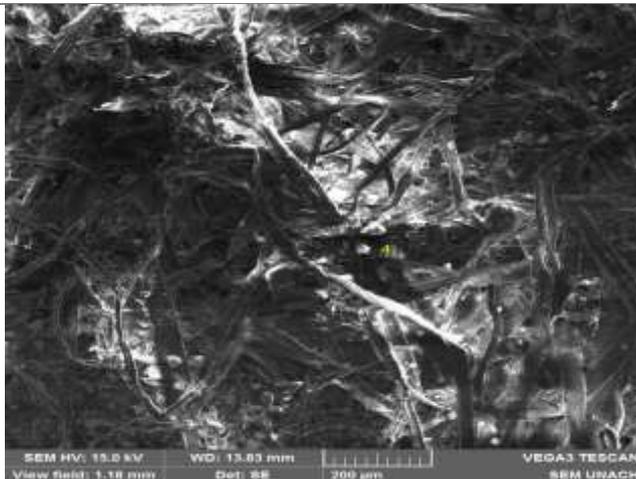
Punta 1



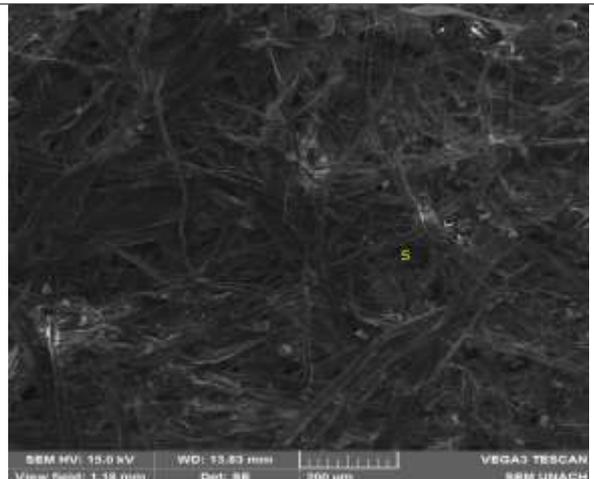
Punta 2



Punta 3



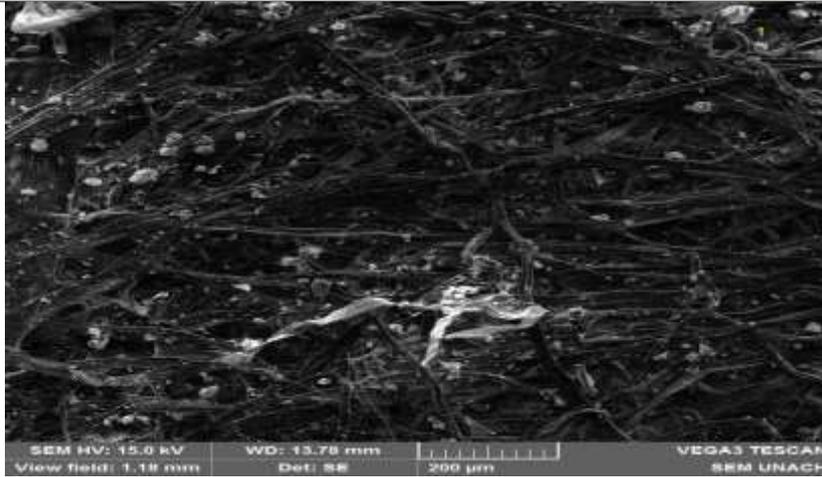
Punta 4



Fuente: UNACH. Laboratorio de microscopia

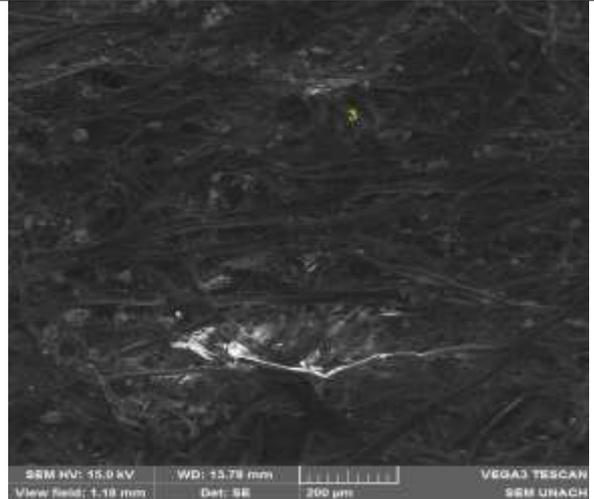
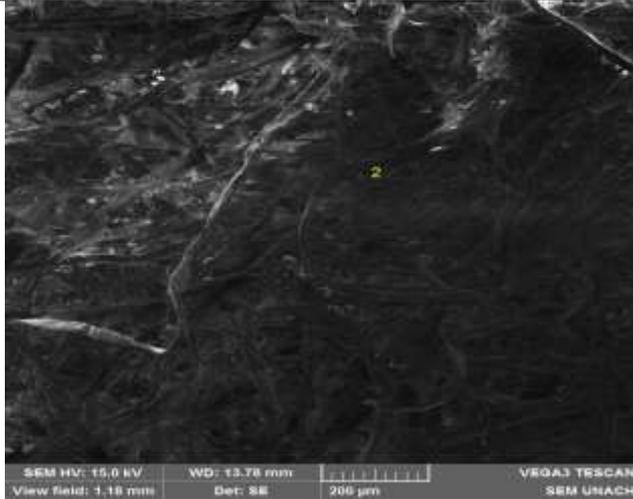
Tabla 14: Morfología de MPS del punto 2

Centro



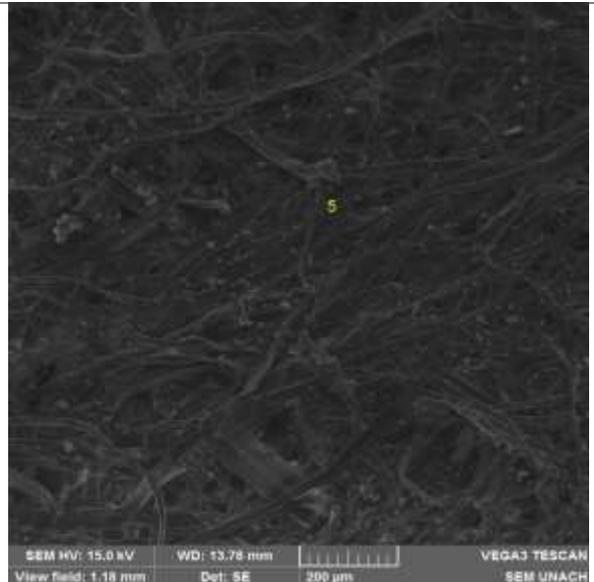
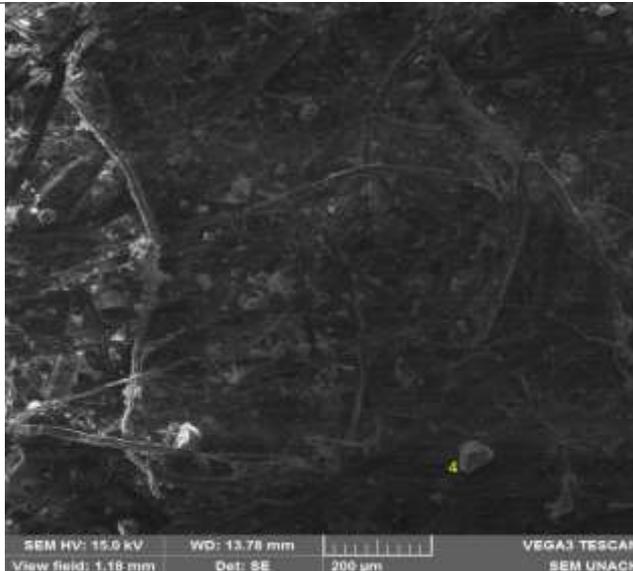
Punta 1

Punta 2



Punta 3

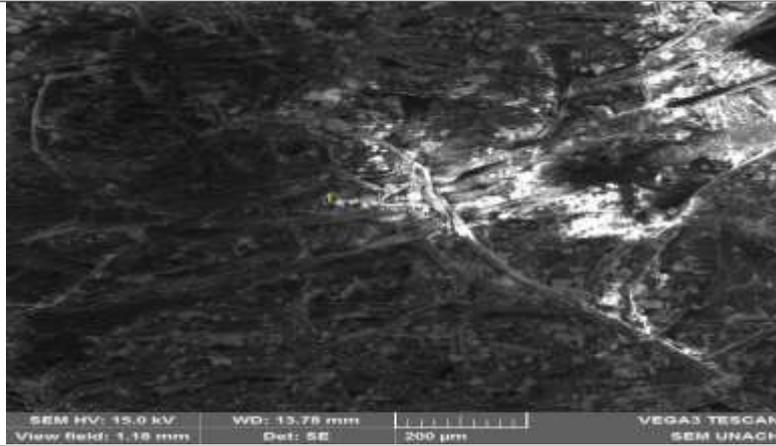
Punta 4



Fuente: UNACH. Laboratorio de microscopia

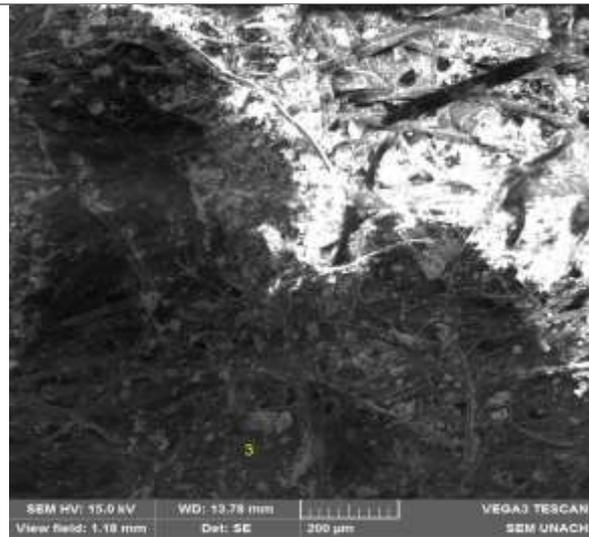
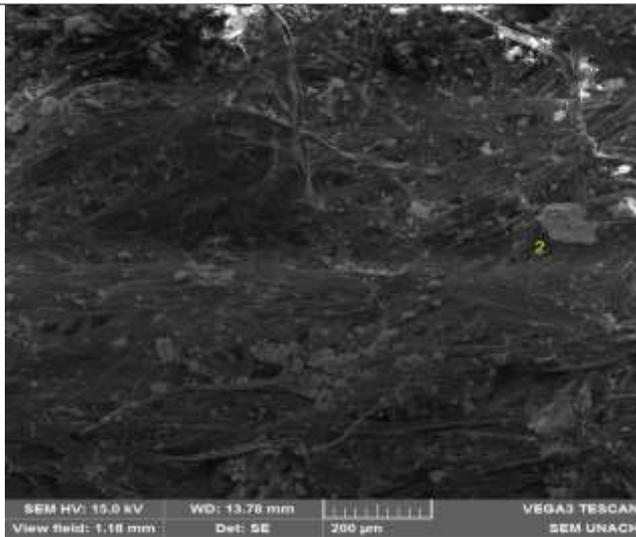
Tabla 15: Morfología de MPS del punto 3

Centro



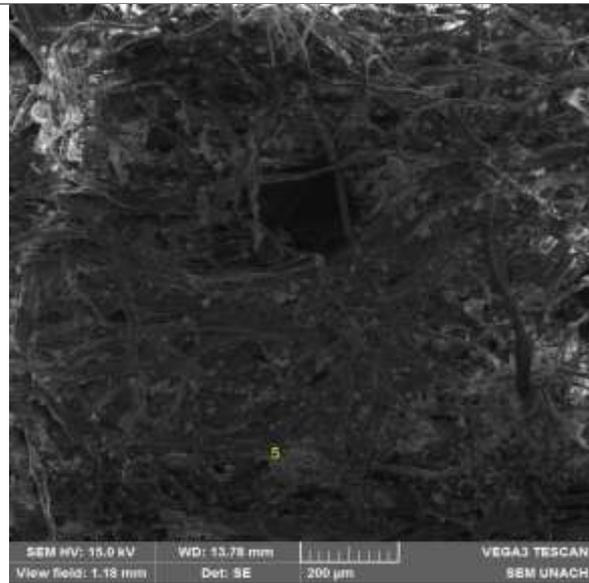
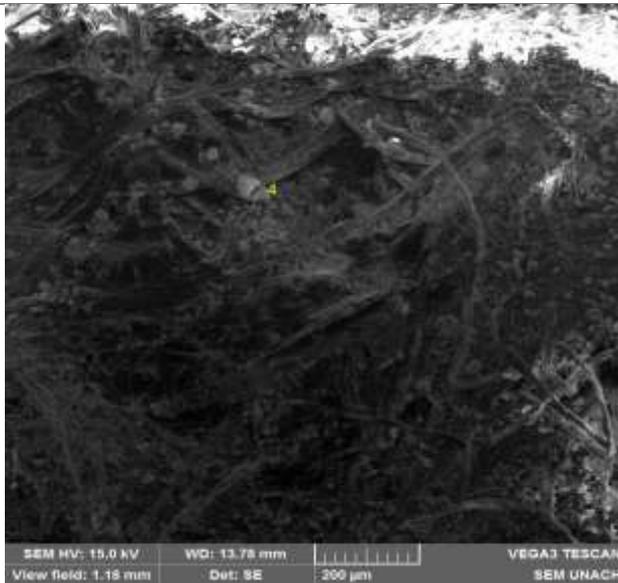
Punta 1

Punta 2



Punta 3

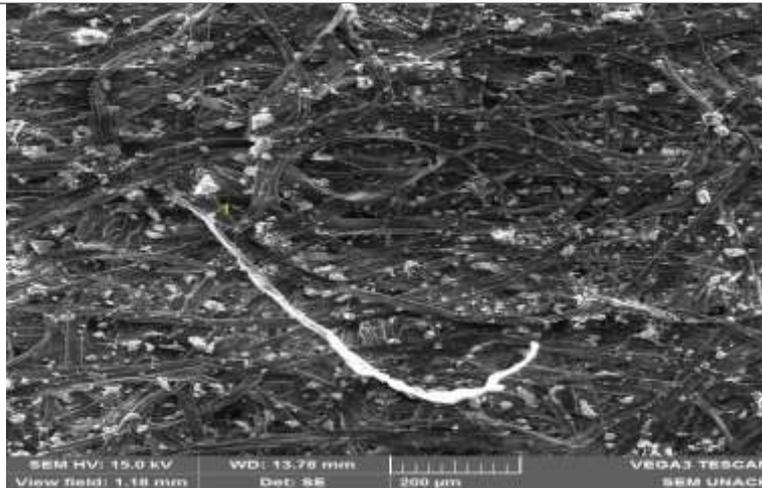
Punta 4



Fuente: UNACH. Laboratorio de microscopia

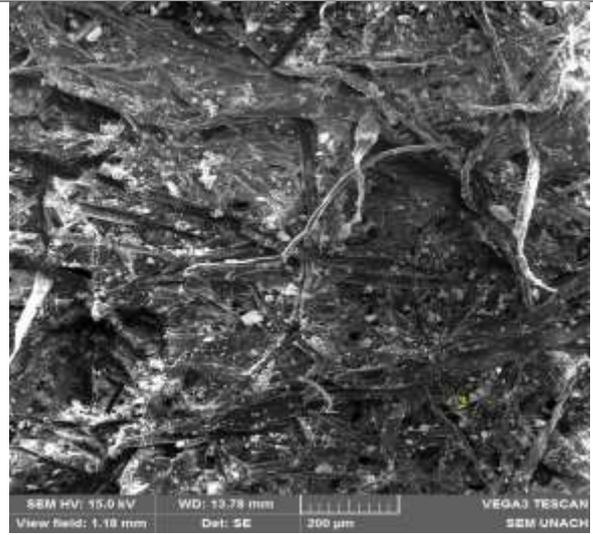
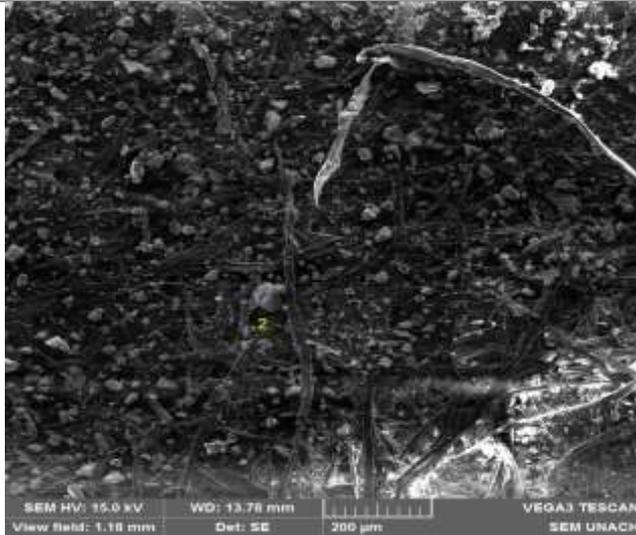
Tabla 16: Morfología de MPS del punto 4

Centro



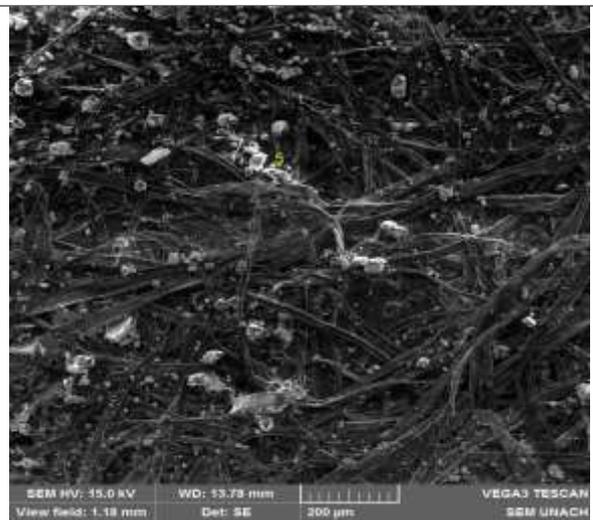
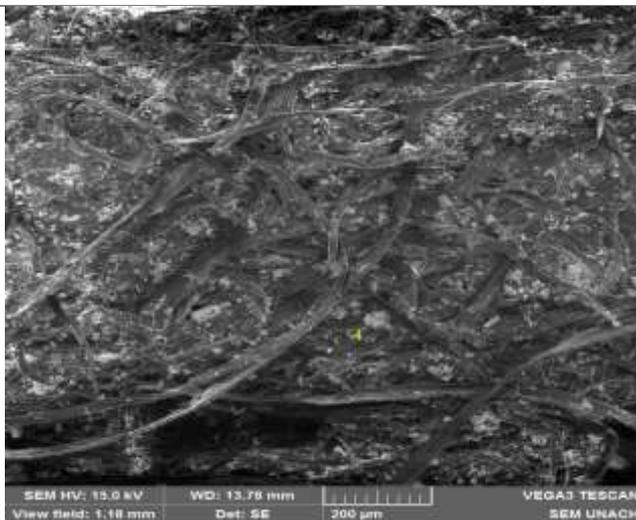
Punta 1

Punta 2



Punta 3

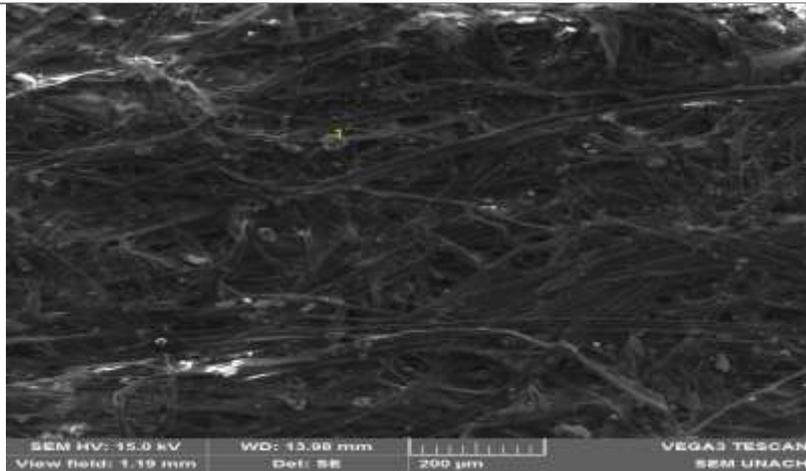
Punta 4



Fuente: UNACH. Laboratorio de microscopia

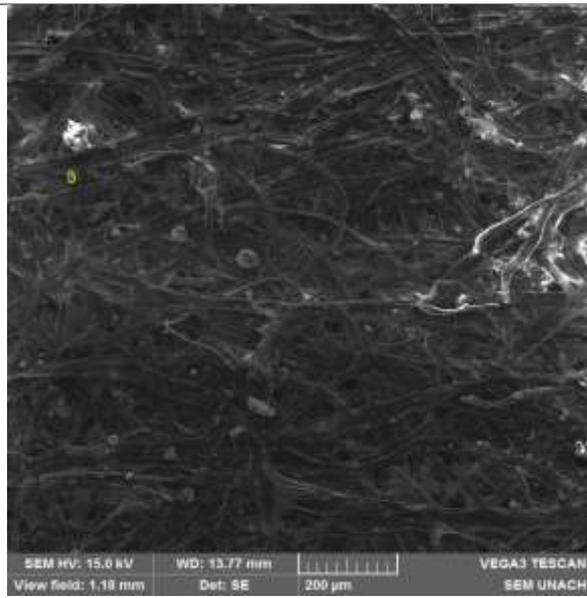
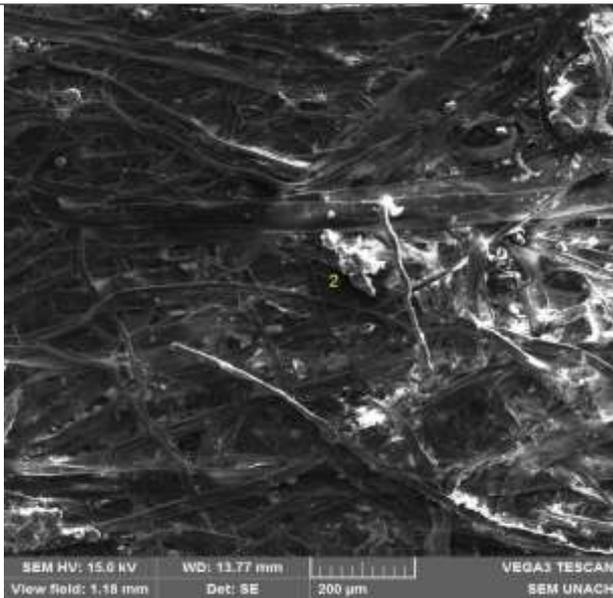
Tabla 17: Morfología de MPS del punto 5

Centro



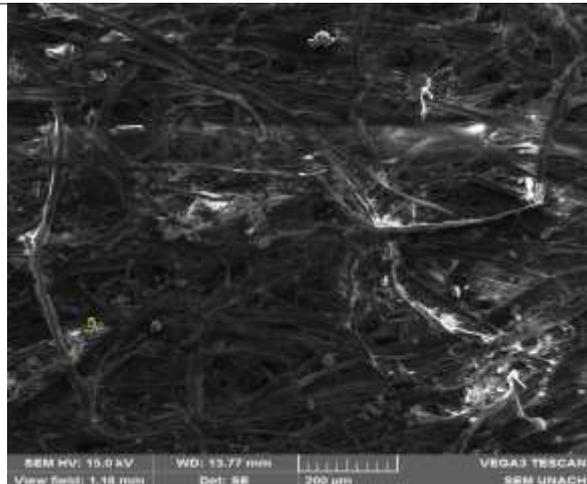
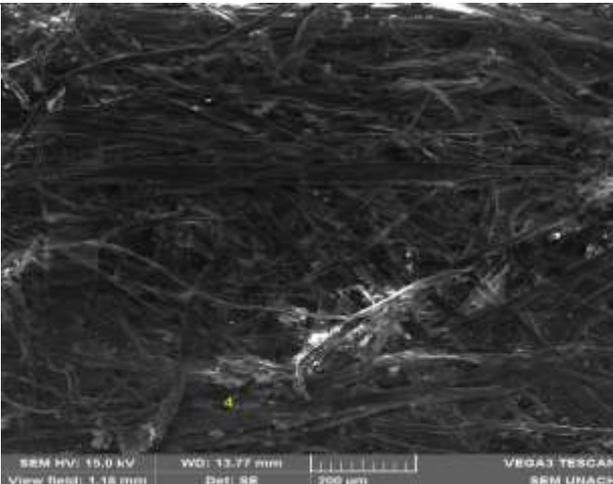
Punta 1

Punta 2



Punta 3

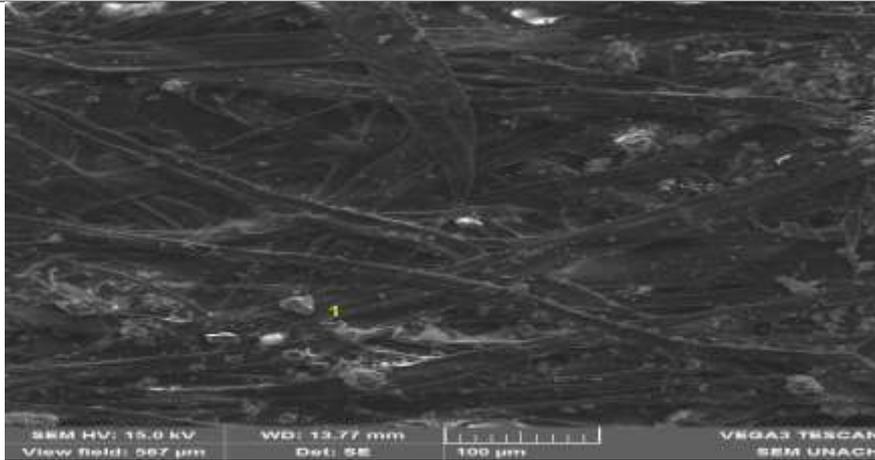
Punta 4



Fuente: UNACH. Laboratorio de microscopia

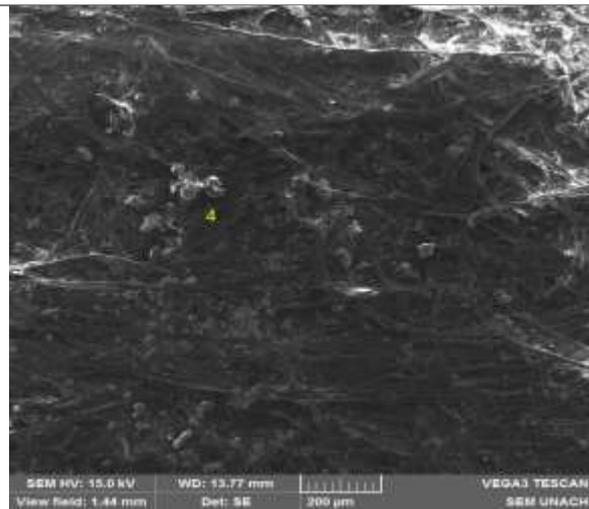
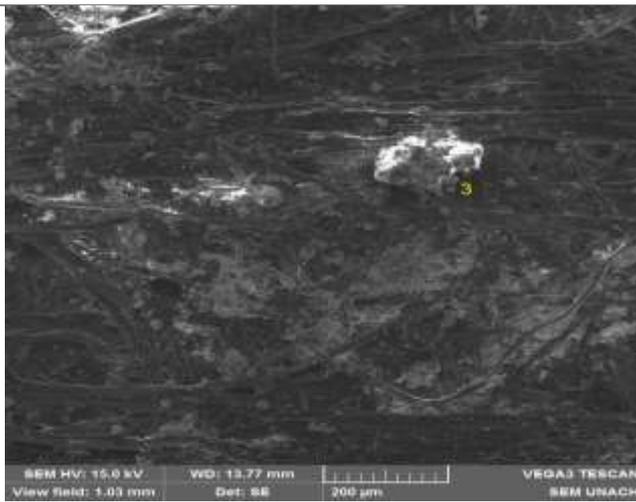
Tabla 18: Morfología de MPS del punto 6

Centro



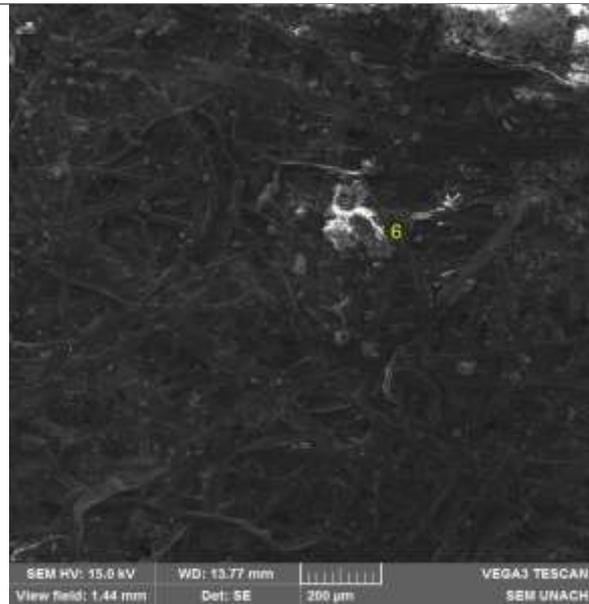
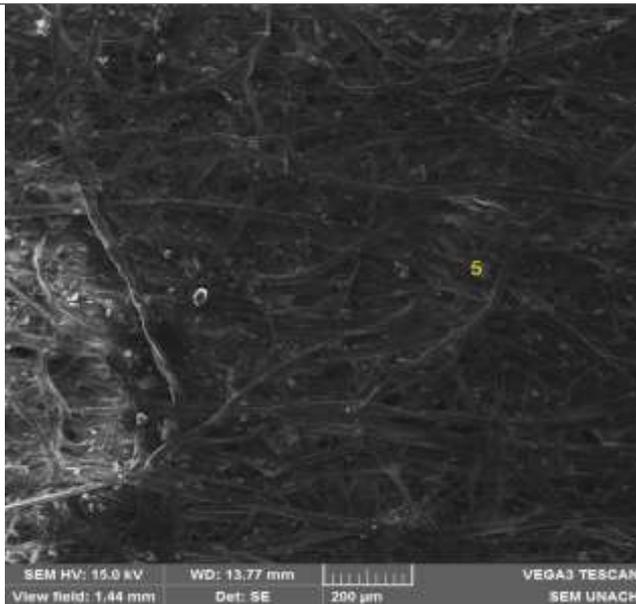
Punta 1

Punta 2



Punta 3

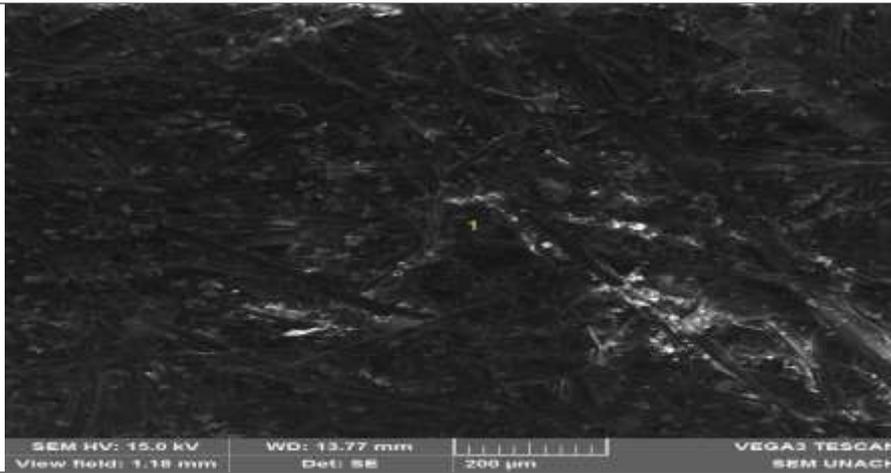
Punta 4



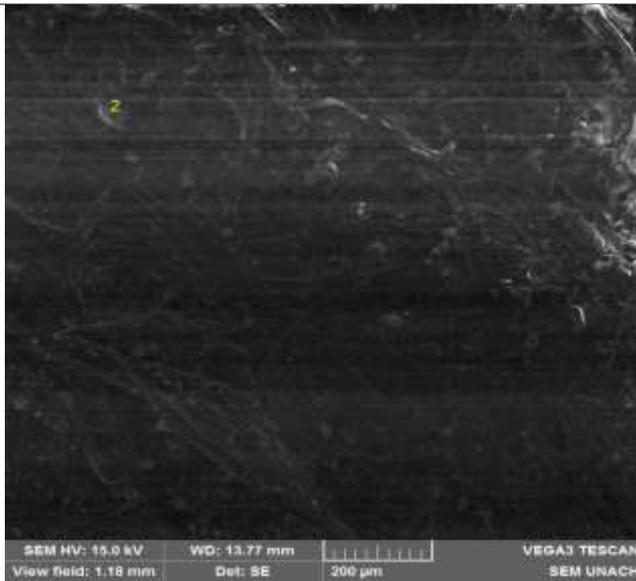
Fuente: UNACH. Laboratorio de microscopia

Tabla 19: Morfología de MPS del punto 7

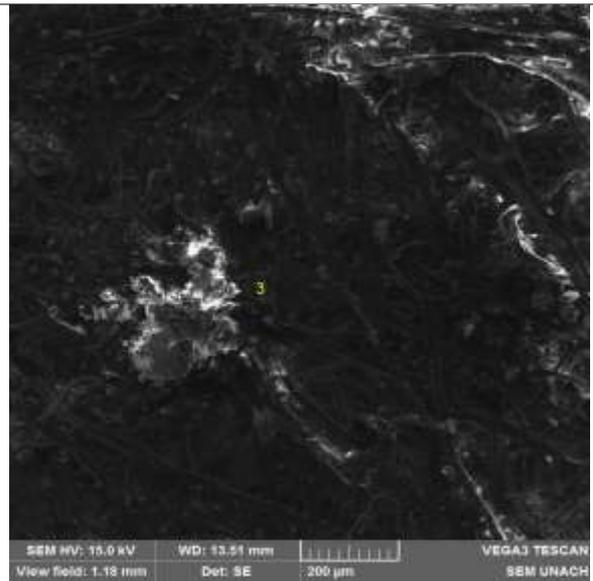
Centro



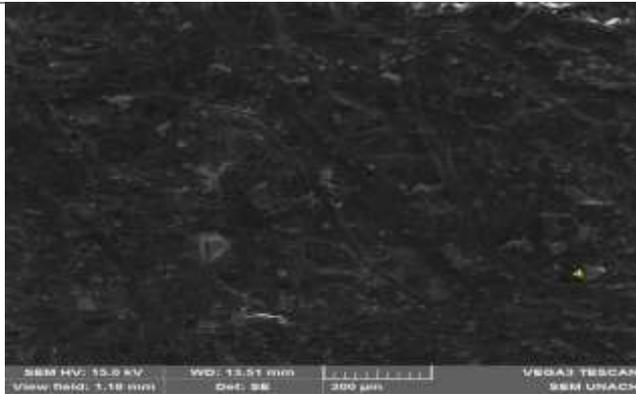
Punta 1



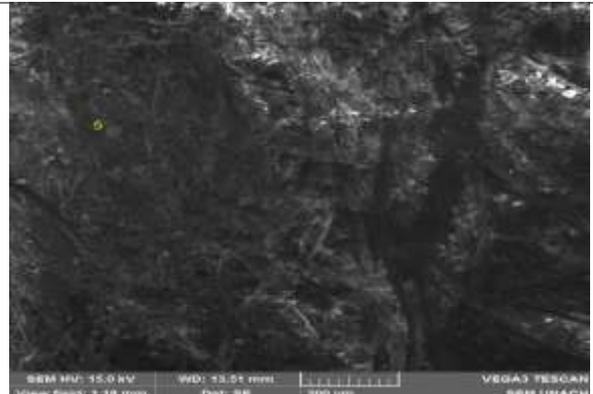
Punta 2



Punta 3



Punta 4



Fuente: UNACH. Laboratorio de microscopia

9.3. Promedios de la composición química de MPS

Tabla 20: Promedio en porcentaje de la composición química del punto 1

Compuestos	Punto 1					Promedio
	Centro	1	2	3	4	
Oxígeno (O)	42,48	37,22	54,62	50,33	33,39	43,61
Carbono (C)	43,63	6,84			62,9	37,79
Bario (Ba)				9,03		9,03
Rubidio (Rb)	3,91	10,07	8,9	8,2		7,77
Silicio (Si)	3,26	8,64	8,16	6,87		6,73
Calcio (Ca)	1,11	13,17	4,92			6,40
Antimonio(Sb)	1,28	13,01	4,97	6,37	0,97	5,32
Aluminio (Al)		2,59	4,71	3,16		3,49
Cadmio (Cd)				6,09	0,35	3,22
Rutenio (Ru)			2,46			2,46
Molibdeno (Mo)			1,86	2,73		2,30
Mercurio (Hg)	1,01	5,17			0,69	2,29
Cloro (Cl)	0,96	2,07	2,09	0,95		1,52
Sodio(Na)	0,62	0,46	3,81	1,9	0,27	1,41
Magnesio (Mg)			1,15			1,15
Plomo (Pb)	1,2				1	1,10
Hierro (Fe)	0,55	0,78	1,49	1,27		1,02
Potasio (K)			0,87	0,46		0,67
Azufre (s)					0,44	0,44

Autor: Karen Tenorio Castillo

Tabla 21: Promedio en porcentaje de la composición química del punto 2

Compuestos	Punto 2					Promedio
	centro	1	2	3	4	
Oxígeno (O)	43,03	32,32	68,37		37,56	45,32
Carbono (C)	9,72	61,25		60,48	48,27	44,93
Plomo (Pb)	11,91					11,91
Rubidio (Rb)	11,75	0,43	7,15	11,69	1,28	6,46
Silicio (Si)		0,83	5,46	11,36		5,88
Calcio (Ca)	6,24				3,1	4,67
Aluminio (Al)	8,22	0,43	2,72	7,19		4,64
Antimonio(Sb)	5,67	0,94	2,21		3	2,96
Hierro (Fe)	2,11			2,18		2,15
Magnesio (Mg)				1,69		1,69
Sodio(Na)	0,91			2,08		1,50
Potasio (K)			0,74			0,74
Cloro (Cl)		0,55			0,38	0,47
Mercurio (Hg)	0,44					0,44
Azufre (s)		0,59			1,51	1,05
Vanadio (V)		0,69	1,59			1,14
Cromo (Cr)			2,05			2,05
Níquel (Ni)			1,57	4,27		2,92
Indio (In)				3,32		3,32
Circonio (Zr)					0,62	0,62

Autor: Karen Tenorio Castillo

Tabla 22: Promedio en porcentaje de la composición química del punto 3.

Compuestos	Punto 3					Promedio
	centro	1	2	3	4	
Oxígeno (O)	17,57	56,71	56,47	40,39	60,99	46,43
Carbono (C)	24,09			47,95		36,02
Níquel (Ni)	10,45					10,45
Silicio (Si)	9,45	17,67	9,89	1,03		9,51
Rubidio (Rb)	8,76	15,25	10,42	1,19	7,51	8,63
Molibdeno (Mo)	8,24		4,24			6,24
Antimonio(Sb)	11,29	1,92		1,6	6,96	5,44
Calcio (Ca)		1,94	3,93	1,59	6,75	3,55
Aluminio (Al)	2,84		5,62	0,51	2,39	2,84
Bromo (Br)		2,71				2,71
Circonio (Zr)	2,27					2,27
Niobio (Nb)		1,92				1,92
Hierro (Fe)	3,64	0,58	1,82		0,53	1,64
Rutenio (Ru)				1,12		1,12
Sodio(Na)		0,71	1,09	0,7	1,19	0,92
Magnesio (Mg)		0,58	1,25		0,9	0,91
Cloro (Cl)			0,57	0,76	0,95	0,76
Potasio (K)	1,40		0,58		0,4	0,49

*Autor: Karen Tenorio Castillo***Tabla 23: Promedio en porcentaje de la composición química del punto 4.**

Compuestos	Punto 4					Promedio
	centro	1	2	3	4	
Oxígeno (O)		26,97	32,82	53,96	52,18	41,48
Carbono (C)	26,68	8,54	63,05	7,45	4,5	22,04
Níquel (Ni)	5,63	29,31				17,47
Cromo (Cr)					10,48	10,48
Silicio (Si)	17,25	0,99		9,97	10,34	9,64
Antimonio(Sb)	6,71	31,17	0,67	2,22	3,8	8,91
Rubidio (Rb)	18,29	1,72	1,01	10,63	12,53	8,84
Hierro (Fe)	10,86			3,36		7,11
Niobio (Nb)	5,49					5,49
Plomo (Pb)	5,21	1,04		4,24		3,50
Molibdeno (Mo)				3,47		3,47
Azufre (s)					3,38	3,38
Mercurio (Hg)					2,8	2,80
Magnesio (Mg)				2,8		2,80
Potasio (K)	1,96					1,96
Cloro (Cl)	1,92		0,27			1,10
Circonio (Zr)			0,3	1,9		1,10
Rutenio (Ru)			0,4			0,40
Sodio(Na)		0,27	0,46			0,37
Aluminio (Al)			0,27			0,27

Autor: Karen Tenorio Castillo

Tabla 24: Promedio en porcentaje de la composición química del punto 5

Compuestos	Punto 5					Promedio
	centro	1	2	3	4	
Oxígeno (O)	21,64	40,48	37,03	54,74	24,44	35,67
Carbono (C)	51,21	20,72	46,05		6,04	31,01
Cromo (Cr)		9,47				9,47
Antimonio(Sb)	8,58	9,47	4,3	2,11	22,2	9,33
Aluminio (Al)				7,55	7,47	7,51
Rubidio (Rb)		4,98		13,16	3,07	7,07
Silicio (Si)		4,79		12,08	2,79	6,55
Mercurio (Hg)	7,09		4,84			5,97
Hierro (Fe)	1,53			4,64	9,46	5,21
Níquel (Ni)	3,19					3,19
Rutenio (Ru)	4,54		1,81			3,18
Circonio (Zr)		2,82				2,82
Vanadio (V)			2,52			2,52
Molibdeno (Mo)		4,12	0,88			2,50
Plomo (Pb)	2,22		2,58			2,40
Calcio (Ca)				2,4		2,40
Azufre (s)		1,45				1,45
Cloro (Cl)		1,1		1,03	1,09	1,07
Sodio(Na)				1,53	0,38	0,96
Selenio (Se)					0,92	0,92
Cobalto (Co)					0,8	0,80
Potasio (K)				0,77		0,77
Bromo (Br)		0,61				0,61

Autor: Karen Tenorio Castillo.

Tabla 25: Promedio en porcentaje de la composición química del punto 6

Compuestos	Punto 6					Promedio
	centro	1	2	3	4	
Carbono (C)	70,49	71,58	3,67	11,02	75,35	46,42
Oxígeno (O)	25,86	22,93	56,42	46,35	22,49	34,81
Mercurio (Hg)				10,32		10,32
Níquel (Ni)			14,25		1,01	7,63
Silicio (Si)		0,43	12,72			6,58
Plomo (Pb)			5,04			5,04
Rubidio (Rb)				4,85		4,85
Antimonio(Sb)	0,47	1,17		11,24		4,29
Cromo (Cr)				4,12		4,12
Azufre (s)				3,69		3,69
Aluminio (Al)		0,27	7,21	2,31		3,26
Hierro (Fe)			0,69	2,06		1,38
Calcio (Ca)	0,42	0,48		3,11	0,32	1,08
Rutenio (Ru)	0,52	0,98			0,48	0,66
Vanadio (V)				0,58		0,58
Sodio(Na)	0,33	0,46				0,40
Cloro (Cl)	0,39	0,27			0,36	0,34
Selenio (Se)				0,34		0,34
Circonio (Zr)	0,21					0,21

Autor: Karen Tenorio Castillo.

Tabla 26: Promedio en porcentaje de la composición química del punto 7

Compuestos	Punto 7					Promedio
	centro	1	2	3	4	
Oxígeno (O)	56,14	57,97	30,52	57,44	59,13	52,24
Mercurio (Hg)			21,78			21,78
Carbono (C)	9,79	13,75	22,9	13,09		14,88
Vanadio (V)	12,71					12,71
Rubidio (Rb)	16,26			9,21	10,34	11,94
Silicio (Si)				9,1	7,89	8,50
Molibdeno (Mo)		10,98	2,79			6,89
Aluminio (Al)		4,24	6,21	4,42	4,89	4,94
Circonio (Zr)		2,25	6,93			4,59
Antimonio(Sb)				1,67	5,45	3,56
Sodio(Na)					3,54	3,54
Níquel (Ni)	0,53		6,4			3,47
Calcio (Ca)				1,46	4,57	3,02
Cadmio (Cd)			2,3			2,30
Azufre (s)	2,19					2,19
Plomo (Pb)	2,02					2,02
Hierro (Fe)		0,84		2,51	1,26	1,54
Bromo (Br)		0,9				0,90
Indio (In)		1,27	0,17			0,72
Cloro (Cl)					0,55	0,55
Cromo (Cr)	0,37					0,37

Autor: Karen Tenorio Castillo

9.4.Trabajo de laboratorio



9.5. Ubicación de los equipos de monitoreo pasivo de MPS



9.6. Análisis del MPS en el Microscopio electrónico de Barrido

