



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL ÁREA DE UNA PLANTA
PELETIZADORA Y SU ZONA DE INFLUENCIA**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA**

PRESENTA

TANIA RICO MALACARA



MÉXICO, D.F. Noviembre AÑO 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: **Profesor: IRMA CRUZ GAVILAN GARCÍA**
VOCAL: **Profesor: MARÍA ISABEL GRACIA MORA**
SECRETARIO: **Profesor: AGUEDA ELENA CENICEROS GÓMEZ**
1er. SUPLENTE: **Profesor: GEMA SUSANA CANO DÍAZ**
2º SUPLENTE: **Profesor: NORMA RUTH LÓPEZ SANTIAGO**

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: LABORATORIO DE BIOGEOQUÍMICA AMBIENTAL, FACULTAD DE QUÍMICA.

ASESOR DEL TEMA: DRA. AGUEDA ELENA CENICEROS GÓMEZ

SUPERVISOR TÉCNICO: M. EN C. NORMA RUTH LÓPEZ SANTIAGO

SUSTENTANTE: TANIA RICO MALACARA

Dedicatoria.

Agradecimientos.

Contenido

1. Introducción.....	10
1.1. Justificación.....	10
1.2. Objetivo.....	11
1.2.1. Objetivos particulares.....	11
2. Antecedentes.....	12
2.1. Minería en México.....	12
2.1.1. Hierro.....	12
2.1.2. Proceso de peletización en la industria del hierro.....	13
2.2. Contaminación ambiental.....	15
2.2.1. Contaminación del sector minero.....	15
2.2.2. Contaminación del aire.....	17
2.2.3. Contaminación del agua.....	19
2.2.4. Contaminación del suelo.....	21
2.3. Diagnóstico ambiental.....	24
2.4. Área de estudio.....	25
2.5. Fundamentos de métodos utilizados.....	27
2.5.1. Fluorescencia de Rayos X.....	27
2.5.2. pH, potencial y conductividad eléctrica.....	28
3. Metodología.....	30
3.1. Área de estudio.....	30
3.2. Muestreo.....	30
3.2.1. Primer muestreo.....	33
3.2.2. Segundo muestreo.....	34
3.2.3. Tercer muestreo.....	34
3.3. Preparación de muestras.....	39
3.4. Caracterización de muestras.....	39
3.4.1. Fluorescencia de Rayos X.....	39
3.4.2. pH , potencial eléctrico y conductividad eléctrica.....	41
3.5. Análisis estadístico.....	43
4. Resultados y discusión de resultados.....	44
4.1. Suelos.....	45

4.1.1.	Concentración de elementos potencialmente tóxicos	45
4.1.2.	pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica	49
4.1.3.	Análisis estadísticos	49
4.2.	Polvos	51
4.2.1.	Concentración de elementos potencialmente tóxicos	51
4.2.2.	Análisis estadístico	56
4.3.	Sedimentos	56
4.3.1.	Concentración de elementos potencialmente tóxicos	57
4.3.2.	pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica	66
4.3.3.	Análisis estadístico	67
4.4.	Follaje	69
4.4.1.	Concentración de elementos potencialmente tóxicos	70
4.4.2.	Análisis estadístico	72
4.5.	Minerales	73
4.5.1.	Concentración de los elementos potencialmente tóxicos	74
4.5.2.	pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica	75
4.6.	Arenas	77
4.6.1.	Concentración de elementos potencialmente tóxicos	77
4.6.2.	pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica	78
5.	Conclusiones	79
6.	Bibliografía	81
	ANEXO	86

Contenido de Tablas

Tabla 1 Relación de la actividad minera y su impacto al ambiente.....	17
Tabla 2. Elementos analizados por cada filtro del equipo de Fluorescencia de Rayos X Niton FXL 959	40
Tabla 3. Resumen de la metodología empleada por técnicas analíticas de cada matriz...	42
Tabla 4. Promedio de la concentración de los elementos trazadores en las muestras de suelo por zona.....	46
Tabla 5. Promedio de pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica de las muestras de suelos por zona.....	49
Tabla 6. Resultados de las pruebas ANOVA y DMS en las muestras de suelo	51
Tabla 7. Promedio de la concentración de los elementos trazadores en las muestras de polvo del primer muestreo por cada zona	53
Tabla 8. Promedio de las concentración de los elementos trazadores en polvos del segundo muestreo por cada zona	53
Tabla 9. Resultados de las pruebas ANOVA y DMS en las muestras de polvos	56
Tabla 10. Promedio de las concentración de los elementos trazadores en los sedimentos del primero muestreo por cada zona.....	57
Tabla 11. Promedio de las concentración de los elementos trazadores en sedimentos del segundo muestreo de la matriz de sedimentos por cada zona.....	59
Tabla 12. Promedio de concentración de los elementos trazadores en el tercero muestreo de la matriz de sedimentos por cada zona.....	61
Tabla 13. Promedio de comparación de pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica de las muestras de sedimentos por zona	66
Tabla 14. Resultados de las pruebas ANOVA y DMS en las muestras de sedimentos para el primer muestreo	67
Tabla 15. Resultados de las pruebas ANOVA y DMS del comparativo de los tres muestreos en las muestras de sedimentos.....	68
Tabla 16. Promedio de las concentraciones de los elementos trazadores muestras en follaje por zona.....	70
Tabla 17. Resultados de las pruebas ANOVA y DMS en las muestras de follaje	72
Tabla 18. Promedio de la concentración de los elementos trazadores muestras de minerales de los tres muestreos por zonas.....	74
Tabla 19. Promedio de pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica de las muestras de minerales por cada zona	75
Tabla 20. Concentraciones de los elementos trazadores en muestras de arenas	78
Tabla 21. Promedio de pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica de las muestras de arenas.....	78

Contenido de Figuras

Figura 1. Mapa de la producción minera en México (Espacios económicos, 2011)	13
Figura 2. Producción de hierro en 2012 por entidad federativa (SE, 2013).....	14
Figura 3. Proceso de peletización de la explotación de mineral de hierro (Rodríguez, S., 2005).....	15
Figura 4. Descripción de emisión y contaminación del aire (Padilla, 2010).....	18
Figura 5. Contaminación del aire por minería (Higuera, 2002).....	19
Figura 6. Descripción del proceso de la lluvia ácida (Manzanas, 2008).....	20
Figura 7. Contaminación de agua mediante metales y metaloides (Mota S., 2013).....	21
Figura 8. Contaminación de suelo por minería (Mota,K., 2013)	24
Figura 9. Ubicación del área de estudio (SEMAR, 2012)	25
Figura 10. Climas del estado de Colima (INEGI, 2014)	26
Figura 11. Fundamentos de la Fluorescencia de Rayos X (IER, 2005)	28
Figura 12. Localización del área de estudio.....	30
Figura 13. Mapa de área de estudio.....	31
Figura 14. Localización de zonas y áreas importantes para el diagnóstico ambiental 1) fuentes internas 2) fuentes externas 3) zona de influencia 4) puerto internacional y basurero municipal 5) valores de fondo.....	32
Figura 15. Distribución total de las muestras en el área de estudio (I, II y III).....	35
Figura 16. Localización de muestras totales del primero muestreo (I, II y III)	36
Figura 17. Localización de las muestras del segundo muestreo (I, II y III).....	37
Figura 18. Localización de las muestras tomadas en el tercero muestreo (I, II y III)	38
Figura 19. Equipo de Fluorescencia de Rayos X de marca ThermoScientific, modelo Niton FXL959 (Thermo Scientific, 2013)	40
Figura 20. pHmetro (Beckman, pH-Metro Φ720w) (Rico Malacara).....	41
Figura 21. Conductímetro utilizado, Corning modelo Conductivity meter 441 (Rico Malacara).....	42
Figura 22. Distribución de las zonas del área de estudio para el análisis de resultados....	45
Figura 23. Localización de las muestras de suelos para valores de fondo y la zona de influencia.....	47
Figura 24. Comparación de las concentraciones de los elementos trazadores As, Pb y Zn para cada muestra de suelo por zona (I, II y III).....	48
Figura 26. Localización de las muestras de polvos del primer y segundo muestreos	52
Figura 27. Gráfica comparativa entre las concentraciones de As, Pb y Zn y las zonas en muestras de polvo	54
Figura 28. Representación de las concentraciones de los elementos trazadores As, Pb y Zn en cada muestra de polvo por zona (I, II y III).....	55
Figura 29. Localización de las muestras de sedimentos en los valores de fondo y las demás zonas para los tres muestreos (I, II y III)	58
Figura 30. Gráfica de las concentraciones de As, Pb y Zn por zona en el primer muestreo	59

Figura 31. Gráfica de las concentraciones de As, Pb y Zn por zona en el segundo muestreo	60
Figura 32. Gráfica de las concentraciones de As, Pb y Zn por zona en el tercer muestreo	61
Figura 33. Representación de las concentraciones de los elementos trazadores As Pb y Zn en cada muestra de sedimento por zona (I, II y III).....	63
Figura 34. Gráfica de las concentraciones de As por zona para cada muestreo	64
Figura 35. Gráfica de las concentraciones de Pb por zona para cada muestreo	64
Figura 36. Gráfica de las concentraciones de Pb por zona en para cada muestreo.....	65
Figura 37. Localización de las muestras tomadas de los follajes en las diferentes zonas del área de estudio (I y II)	69
Figura 38. Distribución de las concentraciones de los elementos trazadores As, Pb y Zn en muestras de follaje por zona (I, II y III)	71
Figura 39. Localización de las muestras tomadas de minerales en las diferentes zonas del área de estudio	73
Figura 40. Distribución de las concentraciones de los elementos trazadores As, Pb y Zn en cada muestra de minerales (I, II y III)	76
Figura 41. Localización de las muestras tomadas de arenas n la zona de influencia	77

1. Introducción

1.1. Justificación

El ambiente es el conjunto de factores físicos, químicos, biológicos, culturales, sociales y económicos que interactúan con el individuo y la comunidad en que vive. El hombre, que está implícito en esta definición de ambiente se incluye de manera íntima, por lo que se abastece de los recursos que proveen el ambiente y el mismo planeta. Solo una parte de los recursos que utiliza son renovables, por lo que se debe tener una conciencia al momento de explotarlo; dicha conciencia se ha incrementado, debido a toda la problemática ambiental que se tiene en la actualidad.

La contaminación en suelos, puede ser de origen geogénico, por la actividad volcánica, lixiviación natural de minerales y rocas; o bien antropogénica derivada de actividades mineras, industriales, desperdicios urbanos.

Los suelos en áreas urbanizadas generalmente están contaminados con plomo, zinc, cadmio y cobre provenientes de pinturas, tránsito, aerosoles, combustiones y algunas fuentes no identificadas (Alloway, 2010).

En México el aprovechamiento irracional de los recursos naturales ha provocado el surgimiento de una serie de problemas como por ejemplo, el crecimiento desmedido y no planificado de las áreas urbanas ha propiciado el incremento de la contaminación atmosférica y del agua, así como la acumulación de residuos sólidos.

La actividad minera en México se considera de gran importancia por la diversidad y abundancia de minerales que existen en su territorio, teniendo una posición privilegiada en la extracción y producción de minerales a nivel mundial (INECC, 2007). Estas actividades son importantes fuentes de materias primas en un gran número de ramas industriales como la petrolera, la siderúrgica, la química la electrónica, etc. Sin embargo las actividades mineras pueden provocar una serie de efectos positivos y negativos al ambiente, la minería a cielo abierto se considera una de las actividades con mayores alteraciones al ambiente un ejemplo es la remoción parcial o total de suelo y vegetación, así como la creación de caminos y construcciones adicionales como oficinas, campamentos o plantas donde los cambios son considerablemente peligrosos al ambiente.

Particularmente la extracción y fundición de metales son grandes fuentes de contaminación de aire y suelo por metales pesados. La contaminación de suelos por dichos metales pueden provocar daños a largo plazo en el ambiente y a la salud. A estos cambios o alteraciones se les denomina *impactos ambientales*, los estudios de impacto ambiental o diagnóstico ambiental son instrumentos muy

importantes para conocer el grado de afectación que puede ser derivado de las actividades humanas e identificar las medidas técnicas así como reducir tales impactos que hagan viable ambientalmente un proyecto.

Debido a las repercusiones de estas alteraciones que pueden tener las zonas de afectación, el diagnóstico ambiental es de gran utilidad, por lo que algunas industrias y empresas están tomando conciencia de ello, siendo este el caso de una planta peletizadora de un consorcio minero, en el cual se realiza el proceso de peletización de hierro.

Los polvos y los residuos de los procesos de concentrado y peletizado no están clasificados como peligrosos ya que teóricamente no contienen elementos potencialmente tóxicos. Sin embargo, en los alrededores de la planta peletizadora se desarrollan diversas actividades industriales, como la explotación de materiales pétreos, el almacenamiento y trituración de minerales de hierro provenientes de Jalisco y Colima, así como el almacenamiento de concentrados de diversos metales proveniente de minas de otras empresas que contienen elementos potencialmente tóxicos, que al estar expuestos al viento y a la lluvia, se dispersan pudiendo afectar el entorno.

Con el objetivo de discriminar el impacto al ambiente de las operaciones de la planta peletizadora de otras industrias, se llevó a cabo un diagnóstico ambiental en esta zona, ya que ambas realizan algunas actividades en las que se pueden emitir elementos potencialmente tóxicos en caso de los suelos, y estos están regulados por la NOM-147-SEMARNAT/SSA-2004.

1.2. Objetivo

Realizar el diagnóstico ambiental del área de una planta peletizadora y su zona de influencia e identificar las posibles fuentes de contaminación.

1.2.1. Objetivos particulares

- Determinar las concentraciones de los elementos que se encuentran naturalmente en la zona de estudio (valores de fondo).
- Analizar los concentrados y minerales de fuentes internas y externas para conocer su composición.
- Analizar suelos, sedimentos, polvos, follaje y arenas para determinar su composición y contenido de elementos en cada muestra.
- Analizar los resultados obtenidos y emitir un diagnóstico ambiental.

2. Antecedentes

2.1. Minería en México

La **minería**, es una actividad primaria¹ de las más antiguas e importantes de México, que se practica desde la época prehispánica y ha sido un gran factor en la modernización y economía del país. Existe una amplia variedad de minerales en la tierra divididos en: líquidos (mercurio), sólidos (oro), quebradizos (yeso) y gaseosos (gas natural). Se acumulan en lugares conocidos como yacimientos, pueden ser al aire libre o en subsuelo a diferentes niveles de profundidad (INEGI, 2014). Debido a la gran diversidad del territorio mexicano, existe una gran abundancia de minerales lo cual ha propiciado que la explotación y producción de estos materiales le den a nuestro país una posición privilegiada a nivel mundial (INECC, 2007; INEGI, 2014; Mota S., 2013).

El sector minero mexicano favorece el desarrollo industrial mediante la obtención de materias primas para la industria, petrolera, siderúrgica, química, electrónica, de construcción y metalúrgica; posicionando a México entre los 10 principales productores de 16 diferentes minerales: oro, plomo, zinc, cobre, bismuto, fluorita, celestita, wollastonita, cadmio, diatomita, molibdeno, barita, grafito, yeso, sal y manganeso, contribuyendo con el 4.9 % del Producto Interno Bruto Nacional. En 2010 ocupó el segundo lugar a nivel mundial en la producción de plata, bismuto y fluorita y destaca en la producción de arsénico, plomo, cadmio, antimonio, zinc, barita, grafito, oro y yeso. Destaca en la exportación de plata y zinc a Estados Unidos de América, exportando cobre, aluminio, hierro y fosforita de Chile Venezuela y Brasil respectivamente (INEGI, 2014).

En la Figura 1, se muestra un mapa con la distribución de los minerales que se explotan en la República Mexicana, así como los Estados en los que se encuentran (SE, 2012).

2.1.1. Hierro

El hierro se encuentra de forma natural en minerales como óxidos de hierro, es un mineral que es de importancia en el país ya que es uno de los ingredientes de la formación del acero. Debido a esto su demanda es elevada, es el mineral del sector minero del área de estudio más importante y por el cual se ha incrementado esta actividad en la misma (SE, 2013).

¹ **Actividad primaria:** minerales se extraen directamente de la naturaleza.

De manera específica el Instituto Nacional de Estadística y Geografía y la Secretaría de Economía mediante la Coordinación General de Minería, informaron que en 2012 en México, las cifras preliminares indicaban que la producción nacional de hierro fue de 22.9 millones de toneladas. Los principales Estados productores de hierro son Jalisco 9.23%, Sonora 8.8%, Michoacán 27.2%, Coahuila 21.3%, Colima 19%, Durango 5.2% y Chihuahua 4.5%, que en conjunto cubren el 95.1% del total de la producción nacional de hierro como se observa en la Figura 2. Uno de los yacimientos de magnetita más importantes de acuerdo con la Secretaria de Economía, se encuentra entre los municipios de Minatitlán, Colima y Cuautitlán, Jalisco en el distrito minero de Minatitlán, Colima.



Figura 1. Mapa de la producción minera en México (Espacios económicos, 2011)

2.1.2. Proceso de peletización en la industria del hierro

Una de las actividades de la minería del hierro es la aglomeración o concentración del mineral mediante un proceso llamado peletización, siendo como resultado de la necesidad de mejorar la eficiencia de los procesos de elaboración de arrabio² o producción de los materiales provenientes del hierro (SE, 2012; SGM, 2012).

² **Arrabio:** Producto obtenido de la primera fusión del hierro en los altos hornos que contiene más carbono que el acero o que el hierro forjado y se rompe con mayor facilidad.

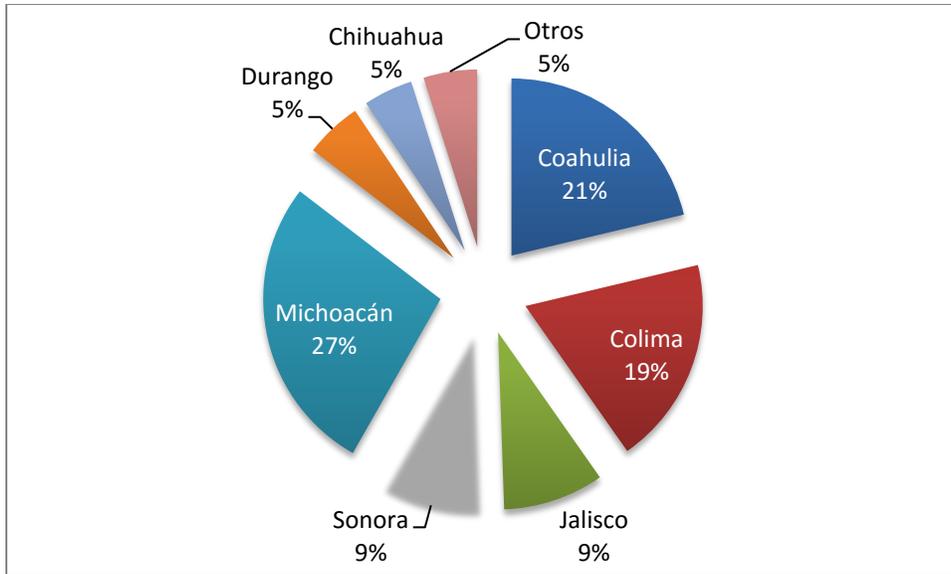


Figura 2. Producción de hierro en 2012 por entidad federativa (SE, 2013)

En la Figura 3 se presenta e diagrama general del proceso de peletización (Rodríguez, S., 2005) y se describe brevemente para su mejor entendimiento del proceso, los pasos son:

1. Extracción del mineral a cielo abierto mediante el uso de explosivos y reducción de tamaño mediante molienda.
2. Adición de agua para tener un mejor control del sólido, apartando el mineral por separación magnética (contenido de hierro de 60%).
3. Baja de densidad de la pulpa, por una segunda separación magnética (concentrado de 68% de hierro).
4. La pulpa obtenida es transportada por ferrodutos, utilizando la gravedad como fuerza de empuje hasta la planta peletizadora.
5. Formación del pelet verde (pelet sin cocer), la pulpa pasa a un filtrado y a este concentrado se le agrega un aglomerante orgánico. La formación del pelet se lleva acabo ya que las partículas mojadas se aglomeran por acción de la tensión superficial.
6. Endurecimiento del pelet por horneado. El precalentamiento se realiza a una temperatura de 500°C a 800°C, en la cual se realiza la oxidación parcial del mineral y la desulfuración, reacción importante ya que estos gases se pueden emitir al ambiente.
 - a. El proceso de cocción del pelet verde se realizan en atmósfera oxidante, se inicia entre 300° y 600° finalizando alrededor de 1100°C.
 - b. En el post-calentamiento donde ocurre un incremento de temperatura, por medio de reacciones exotérmicas.

- c. Se realiza un enfriamiento primario donde se baja la temperatura de 800°C a 900°C y para el enfriamiento secundario baja a 400°C.
7. Los pellets ya endurecidos son sometidos a un cribado y son llevados a un almacén de mineral donde se guardan hasta saber su destino (Rodríguez Ceja, 2005; SE, 2012)

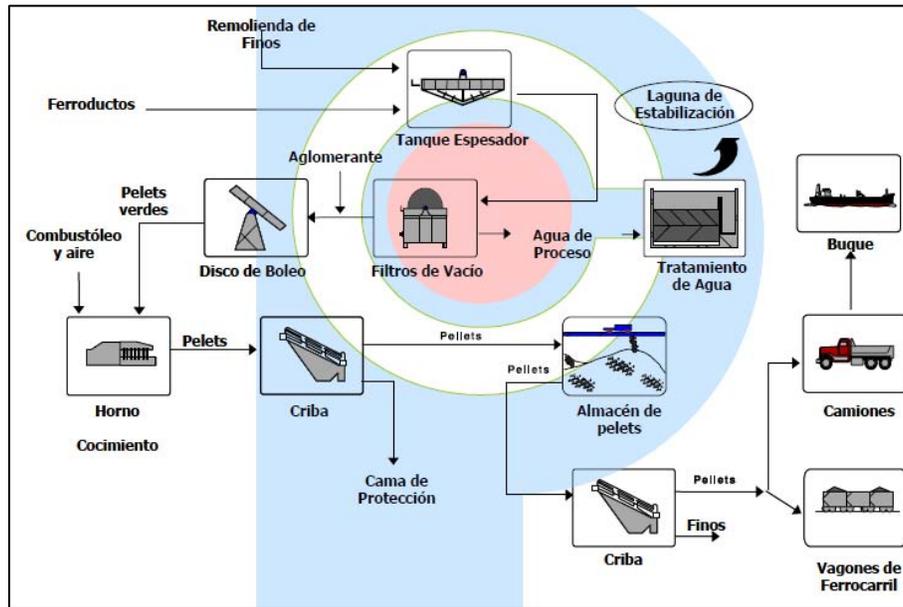


Figura 3. Proceso de peletización de la explotación de mineral de hierro (Rodríguez, S., 2005)

2.2. Contaminación ambiental

Contaminación ambiental se entiende como la introducción de un agente o sustancia que provoque un desequilibrio o deterioro ecológico de los componentes de un ecosistema, medio físico o ser vivo, (SEMARNAT, 2012; PROFEPA, 2013; Osman, K., 2014), a estos agentes se les llaman contaminantes y se dividen en dos grupos:

2.2.1. Contaminación del sector minero

Debido a la importancia y demanda de los minerales, la minería ha aumentado excesivamente, provocando que sus actividades como la extracción y fundición, impacten de manera negativa al ambiente o a la población, por la generación de residuos y elementos tóxicos como el As, Cd, Pb y Hg principalmente (Oswal, Bedi, Hajivalei, Kumar, & Singh, 2010).

Las industrias en México generan alrededor del 6% de las emisiones de contaminantes de América del Norte, de las cuales el 64% son del sector minero,

seguido de las centrales eléctricas y la maquila de equipo eléctrico³ (Enciso, 2011).

Como consecuencia de la actividad minera, de industria de la química básica, petroquímica y de refinación del petróleo en México se han producido grandes cantidades de residuos peligrosos (INECC, 2007).

Existen 745 plantas de seis sectores industriales que contribuyeron con alrededor de 96% de los más de 65 millones de kilogramos de emisiones registradas en México. El 99% de éstos fue apenas de 10 sustancias, la mayoría relacionados a la minería, como el Pb, As Ni y Cr. La presencia del ácido sulfhídrico en el aire también es un elemento que encabeza la lista y es generado principalmente por centrales eléctricas (SGM, 2012).

La minería y la interacción con el ambiente pueden provocar una serie de impactos positivos y negativos durante el proceso de extracción, donde la minería a cielo abierto se considera una de las actividades que provoca un gran número de alteraciones al ambiente. Las alteraciones más significativas en la minería a cielo abierto son la remoción parcial o total del suelo y de la vegetación, así como la creación de caminos y construcciones adicionales como lo son oficinas, campamentos y plantas, donde los cambios son considerablemente peligrosos al ambiente (INECC, 2007). Una de las alteraciones más importantes en este tipo de industria se da al extraer el mineral, ya que se extrae mediante explosivos, por lo que se destruye la gran mayoría del medio que se encuentra alrededor y el mismo lugar de la extracción. En la Tabla 1 se describen algunas actividades que se llevan a cabo en la minería, que pudieran provocar o causar algún tipo de impacto ambiental describiéndolo según la actividad realizada (Mota S., 2013).

³ La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) tiene ubicados al menos dos sitios donde es urgente atender los pasivos ambientales (contaminación que representa un riesgo ambiental y para la salud de la población). Se trata de jales (residuos) de la mina Pilares, en Nacozari de García, Sonora y las minas Nuevo Mercurio, en Mazapil, Zacatecas, que operaron durante el siglo pasado (Enciso, 2011).

Tabla 1 Relación de la actividad minera y su impacto al ambiente

Fase	Descripción	Impacto ambiental
Exploración	Barrenación, obras y perforaciones.	Destrucción de vegetación
Explotación	Obras diversas: tiros, socavones, patios para depósito de minerales, zonas para descarga de materiales	Operación de presas de jales: arrastre de residuos peligrosos. Descarga de aguas residuales
Beneficio	Concentración Trituración y molienda Tratamientos previos	Generación de ruido Vibración y emisión de polvo
Fundición y refinación	Obtención de metales y sus aleaciones (uso de hornos industriales) Eliminación de impurezas en los metales para aumentar la ley de contenido	Emisiones a la atmósfera, residuos peligrosos y aguas residuales

En general, todas las etapas que de un proceso minero, Tabla 2, generan problemas ambientales de alto impacto, como puede verse, en todas las etapas se generan aguas residuales, residuos peligrosos y, en algunos casos, emisiones a la atmósfera. Sin embargo, dos de las etapas que más contaminación producen son las de explotación de los minerales y la de fundición/refinación (INECC, 2007).

Los procesos metalúrgicos de la minería; incluyendo el depósito de residuos, generalmente producen contaminación que puede ser localizada por la falta de vegetación (Wickham,P, van de Walle, E. & Planas, D., 1987).

La minería provoca impactos ambientales en aire, agua y suelo principalmente los cuales se describen brevemente a continuación.

2.2.2. Contaminación del aire

La atmósfera es vital para la respiración de los seres vivos, como consecuencia, una baja calidad de la atmósfera puede provocar enfermedades o incluso muerte. La contaminación del aire y atmósfera no sólo tiene un origen antropogénico, sino que existen fenómenos naturales que contribuyen a que ésta contaminación aumente como lo son las erupciones volcánicas que producen emisiones de gases, vapores y polvos. Los principales contaminantes que se pueden relacionar con la calidad del aire son el dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), partículas suspendidas, compuestos orgánicos volátiles (COV) y ozono (O₃) (Manahan,E., 2007; SEMARNAT, 2006)

Todas las emisiones y concentraciones de los contaminantes del aire dependen de la entidad o zona en la que se encuentren, y existen cuatro categorías, de la concentración de los contaminantes del aire. En la Figura 4 se describe brevemente la contaminación del aire y atmósfera, así como la procedencia de los contaminantes ya mencionados, pudiendo ser tanto industrial como urbano, provocando una dispersión que se puede tener en la atmósfera, causando repercusiones ser humano y al ambiente (Manahan, 2007).

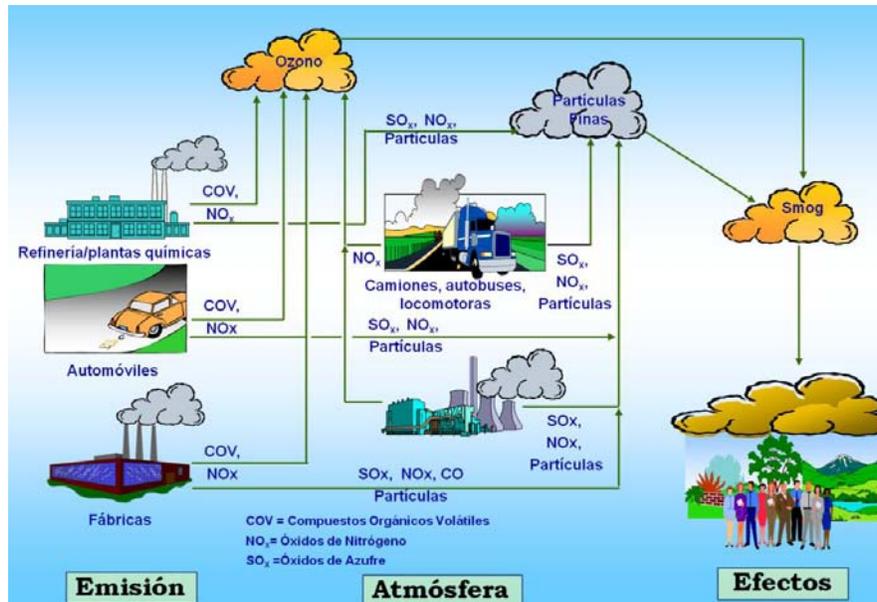


Figura 4. Descripción de emisión y contaminación del aire (Padilla, 2010)

El impacto ambiental que se genera en la atmósfera por la minería tiene diferentes fuentes de emisión, las más importantes se describen a continuación y se puede observar en la Figura 5.

- **Partículas sólidas:** el polvo emitido por las actividades mineras, proviene de la disgregación de las rocas, al explotarse y extraer el material o durante el proceso de carga y transporte o durante el proceso de molienda del mineral explotado.
- **Aerosoles:** se forma aerosoles tóxicos durante la explotación del mineral, procesos hidrometalúrgicos.
- **Gases:** gases liberados por la combustión de la maquinaria, del proceso de extracción.
- **Ruido:** se genera por explosivos, maquinaria pesada y de molienda (Mota S., 2013).

2.2.3. Contaminación del agua

Un problema ambiental actual que afecta a todo el planeta es la práctica masiva de la quema urbana e industrial de los combustibles usados en los automóviles, plantas generadoras de energía, etcétera, los cuales producen óxidos de azufre y nitrógeno, simbolizados como SO_x y NO_x , respectivamente. Estos óxidos, tras una serie de reacciones que involucran la oxidación atmosférica por la presencia de $\text{O}_{2(g)}$ y/o la presencia de radicales libres $\cdot\text{O}_{(g)}$, producidos por la presencia de ozono en el llamado smog fotoquímico, generan lo que conocemos como lluvia ácida (Aguirre, A., 2001). La lluvia es normalmente ácida ya que presenta un pH aproximado de 5.6, debido al equilibrio entre el agua de lluvia y el CO_2 del aire, el cual se disuelve en cantidad suficiente en las gotas para dar una solución diluida de ácido carbónico, por lo que el pH del agua ácida es 4 y ha habido casos en el que este valor es de 3. En interacción con el vapor de agua, estos gases forman ácido sulfúrico y ácido nítrico; estos ácidos retornan más tarde al suelo en forma de rocío, llovizna, niebla, nieve y lluvia, Figura 5.



Figura 5. Contaminación del aire por minería (Higuera, 2002)

La principal preocupación de la lluvia ácida tiene relación sobre todo con los efectos de la acidez en las poblaciones de peces y otros animales acuáticos, con daños potenciales a cultivos y bosques, y con el creciente deterioro de los materiales de construcción. Incluso parece probable que las lluvias acidificadas pudiesen penetrar a las reservas de aguas subterráneas y aumentar la solubilidad de algunos metales tóxicos como por ejemplo: Cu, Cd, Zn, Hg y Pb. Las aguas ácidas disuelven también metales como el plomo y el cobre de las tuberías de

agua caliente y fría (Yan-Jun, D., Ming-Li, W., Krishna, R., et. al., 2014; Henry, G., Heinke, G., 1999).

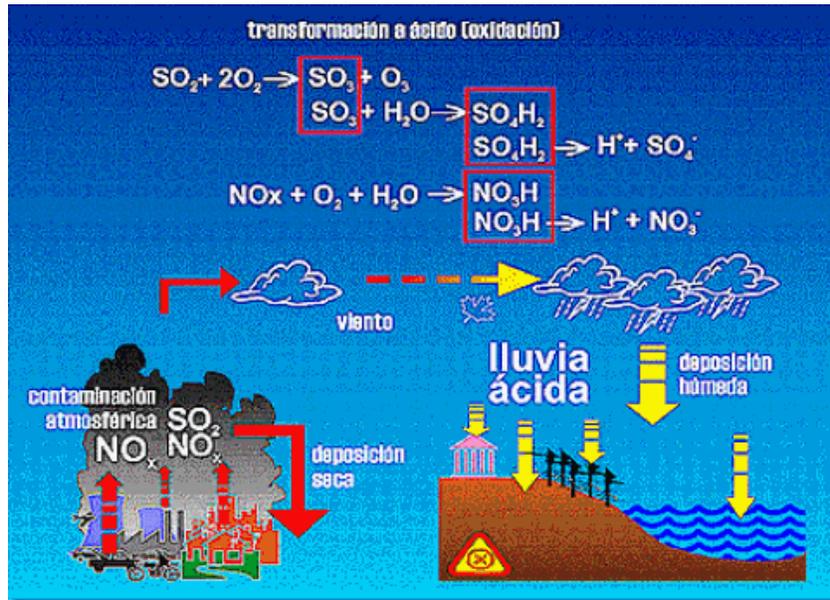


Figura 6. Descripción del proceso de la lluvia ácida (Manzanas, 2008)

La minería también puede producir efectos de contaminación en ríos, aguas subterráneas, acuíferos, originado importantes cambios en el balance del agua debido a la modificación del suelo y la vegetación como se observa en la Figura 7 (Mota S., 2013).

En medios acuáticos, los metales y metaloides generalmente se distribuyen de la siguiente forma: especies solubles en agua, coloides, materiales suspendidos y fases sedimentarias. Sin embargo los procesos naturales de descomposición no eliminan metales o contaminantes presentes. En algunas condiciones estos metales y metaloides, cuando se encuentran en algún medio acuático, pueden ser introducidos de diferentes formas indirectas o directas, el derrame ilegal de residuos o mediante las especies marinas. Debido a las variaciones de las características físico-químicas de los medios acuáticos, los metales y metaloides pueden ser introducidos al medio y volverse accesibles para los organismos que se encuentran dentro del sistema acuático; por lo que los sedimentos se comportan como acarreadores de metales y metaloide, así como en fuentes de contaminación (Jian-feng, P., Yong-hui, S., Peng, Y., et. al., 2009).

La contaminación del agua por la minería se puede resumir en los siguientes efectos:

- Adición de sales al agua por procesos de plantas de flotación.

- Cambio de pH de aguas provocando oxidación e hidrólisis de sulfatos ácidos.
- Adición de metales y metaloides en sistemas acuiferos por mecanismos de sorción
- Movilización de partículas sólidas procedentes del arrastre por las aguas superficiales de la presa de jales o trasladadas por el agua de lluvia (Mota S., 2013).



Figura 7. Contaminación de agua mediante metales y metaloides (Mota S., 2013)

2.2.4. Contaminación del suelo

Suelo

La SEMARNAT mediante la NOM-021-SEMARNAT-2000 (SEMARNAT, 2002), define el suelo como la colección de cuerpos naturales formados por sólidos (minerales y orgánicos), líquidos y gases, sobre la superficie de los terrenos. Presenta horizontes o capas, que se diferencian del material de origen, como resultado de adiciones, pérdidas, migraciones y transformaciones de energía y materia, o por la habilidad de soportar raíces de plantas en un ambiente natural.

Se considera como un cuerpo natural, siendo una mezcla heterogénea de agua, aire, minerales y materia orgánica; cuya profundidad es variable y su espesor puede llegar a ser entre centímetros o hasta metros. Los suelos se encuentran en la interfaz de la tierra y la atmósfera. Debido a la complejidad de éste material, no es posible determinar una sola definición; ya que ésta llega a depender del punto de vista de las disciplinas que tienen que ver con él mismo, como la geología, meteorología, biología, edafología y pedología (Hernández, A. Ascano, M.,

Morales, M., et. al. , 2006; Thompson, L., Troeh,F., 2002; Carreto, F., González, R., Villavicencio, J., 2000).

El suelo es el resultado de diferentes procesos y factores que intervienen entre sí, como: la roca madre, el clima, los organismos vivos y la topografía. Las rocas madres o formadoras son las que proveen la composición química, mineralógica y mecánica al suelo, ejerciendo una fuerte influencia en las propiedades y en la formación de los regímenes hidráulicos, térmicos y gaseosos; así como la velocidad e intensidad de cada uno de los procesos que se dan en el suelo (Hernández, A. Ascano, M., Morales, M., et. al. , 2006; Thompson, L., Troeh,F., 2002).

La conversión de las rocas madres al suelo lleva implícito el factor climático, ya que influye de forma directa mediante la radiación solar, la temperatura y la precipitación y en parte indirecta a la vegetación. La radiación solar, la principal fuente de energía, determina los procesos que ocurren en el suelo y que conllevan a la alteración o modificación de la actividad biológica presente en él. El agua, debido a las precipitaciones, puede penetrar en las rocas o interaccionar con los sedimento provocando reacciones como hidrólisis o carbonatación, que junto con los residuos vegetales y la temperatura forman el suelo (Hernández, A. Ascano, M., Morales, M., et. al. , 2006; Thompson, L., Troeh,F., 2002; Carreto, F., González, R., Villavicencio, J., 2000).

Los organismos vivos también contribuyen a la formación de suelo, incluyéndolos en sus formas macro y microscópicas, y es en la superficie el contacto y la distribución máxima, degradándose gradualmente a través de a profundidad, la mayor parte de la materia orgánica está constituida por las raíces muertas de las plantas.

En cuanto a la topografía, los suelos que erosionan⁴ fácil y rápidamente se denominan jóvenes y son poco profundos como son valles amplios, la formación de suelos profundos como los cerros es cuando este proceso ocurre lentamente (Hernández, A. Ascano, M., Morales, M., et. al. , 2006; Thompson, L., Troeh,F., 2002; Carreto, F., González, R., Villavicencio, J., 2000; Sposito, G., 2008; Sparks, D.,2003).

En el suelo se encuentran elementos llamados mayores (mayores a 100mg/Kg) son el O, Si, Al, Fe, C, K, Ca, Na, Mg, Ti, N, S, Ba, Mn y P; y los demás elementos en mucho menores cantidades llamados elementos traza (Sposito,G., 2008). El suelo es uno de los principales proveedores de nutrientes para las plantas y

⁴ **Erosión:** proceso que consiste en el desgaste, transporte y acumulación de material sedimentario hacia las partes más bajas de la corteza terrestre.

microorganismos que existen como los son: C, H, O, N, P, K, S, Ca, Mg y Si (macronutrientes) y B, Cl, Se, Mn, Fe, Zn, Cu, Mo, Co, Ni y Na (micronutrientes). Además de estos elementos que son benéficos al suelo y las plantas, existen elementos que no tienen ninguna función vital o benéfica a éste como lo son Pb, Cd, Hg, As, Se y Sb que se les denominan elementos potencialmente tóxicos⁵ (Sposito, G., 2008; Sparks, D., 2003; García, T., 2013).

La contaminación del suelo puede provenir de dos formas, la geogénica que la forma natural, ya que los contaminantes provienen de la misma roca madre, actividades volcánicas o lixiviación natural de los minerales, o de forma antropogénica proveniente de la agricultura, minería, residuos industriales, urbanos y domésticos (Oswal, M., Bedi, H., Hajivalei, M., et. al., 2010).

La contaminación de suelos por la presencia de elementos tóxicos puede realizar severos daños al ecosistema y a la productividad agrícola, deteriorar cadenas de alimentación y contaminación de recursos acuíferos, así como daños económicos y problemas serios a la salud humana y animal. La toxicidad de los metales puede variar dependiendo la concentración de los elementos presentes, el de pH, temperatura, contenido de materia orgánica y el tipo de suelo (Martínez, M., García, M., Pérez, C., et. al., 2012).

La extracción y fundición de metales del sector minero son grandes fuentes de contaminación de aire y suelo por metales pesados. La contaminación de suelos por dichos metales, puede provocar daños a largo plazo en el ambiente y provocar daños a la salud, Figura 8 (Oswal, M., Bedi, H., Hajivalei, M., et. al., 2010; Alloway, B., 2010).

Cuando existe un desequilibrio ecológico, es decir cuando una actividad o acción que altera, favorable o desfavorablemente, a alguno de los componentes o elementos de la naturaleza que conforman el ambiente; existe un impacto ambiental. Éste es una modificación al ambiente, pueden ser naturales como huracanes, temblores, etc., o bien pueden ser provocados por el hombre.

⁵ **Elementos potencialmente tóxicos:** elementos regulados que pueden estar presentes en el suelo de manera natural y en ocasiones en concentraciones tales que pueden representar un riesgo para la salud de la población humana o de los ecosistemas (SEMARNAT, 2007).



Figura 8. Contaminación de suelo por minería (Mota,K., 2013)

2.3. Diagnóstico ambiental

La Secretaria de Comercio y Fomento Industrial, mediante la NMX-AA-162-SCFI-2012 (SCFI, 2012), define el diagnóstico ambiental como un examen metodológico de los procesos de una empresa respecto de la contaminación y el riesgo ambiental, el cumplimiento de la normatividad aplicable, de los parámetros internacionales y de buenas prácticas de operación e ingeniería, inclusive de procesos de autorregulación para determinar su desempeño ambiental y aplicar las medidas preventivas y correctivas necesarias para proteger al ambiente.

Éste tipo de estudios tienen como objetivo, mejorar el desempeño ambiental de los sectores económicos, para cumplir con las obligaciones derivadas de la regulación ambiental y para alcanzar niveles superiores de desempeño ambiental (SCFI, 2012). En caso de presentarse algún tipo de evento, se debe conocer el grado de afectación producido, generando un diagnóstico que nos permita corregir y/o restaurar las áreas con el fin de detener o revertir el daño con medidas técnicas.

Existen distintos factores ambientales que son de importancia en estos estudios, como lo son: el ecológico (fauna, flora, ecosistema), fisicoquímico (aire, agua, suelo); y el socioeconómico (uso de suelo, actividades económicas, infraestructura y población). La realización de un diagnóstico ambiental debe recopilar información del área de estudio que ayude a determinar la proveniencia de las afectaciones y donde se acentúan (INECC, 2004; Espejo, B., 2006; Jiliberto, R., Bonilla, M., 2009).

2.4. Área de estudio

La zona de estudio se encuentra al oeste de la República Mexicana (Figura 9), situándose en el estado de Colima, este último tiene una superficie de 5,455Km², limita al norte y al este con el estado de Jalisco, al sureste con Michoacán y al sur y oeste con el Océano Pacífico; la mayor parte de su territorio se encuentra sobre la Sierra Madre del Sur y el Eje Neovolcánico, contando en la zona sur con una planicie costera, así como numerosas bahías y lagunas costeras.



Figura 9. Ubicación del área de estudio (SEMAR, 2012)

En la Figura 10, se muestra el clima en el área de estudio el cual es templado subhúmedo con lluvias en verano principalmente, considerando que la temporada de lluvias corresponde a los meses de junio a octubre, siendo septiembre el mes más lluvioso debido a los frecuentes ciclones. El intervalo de temperatura en el área de estudio se encuentra entre 18°C y 28°C siendo el promedio anual de 26.5°C, el intervalo que se tiene de precipitación es entre 600mm y 1300mm, teniendo 980.7mm de promedio (SEMAR, 2012).

Los vientos dominantes provienen del oeste y del oeste-noroeste, alcanzando una velocidad media anual de 4.38 m/s y 4.77 m/s respectivamente, se presentan en la temporada entre noviembre y mayo. Los vientos más fuertes con dirección este-sureste y sur-sureste se presentan en la época de lluvias junio y octubre. La velocidad media anual de los vientos es de 5 m/s. Los vientos dominantes en condiciones normales proceden del norte y nor-noreste, con velocidad promedio de 1.5 m/s y del oeste al oeste – suroeste, con velocidad promedio de 5.0 m/s (SEMAR, 2012).

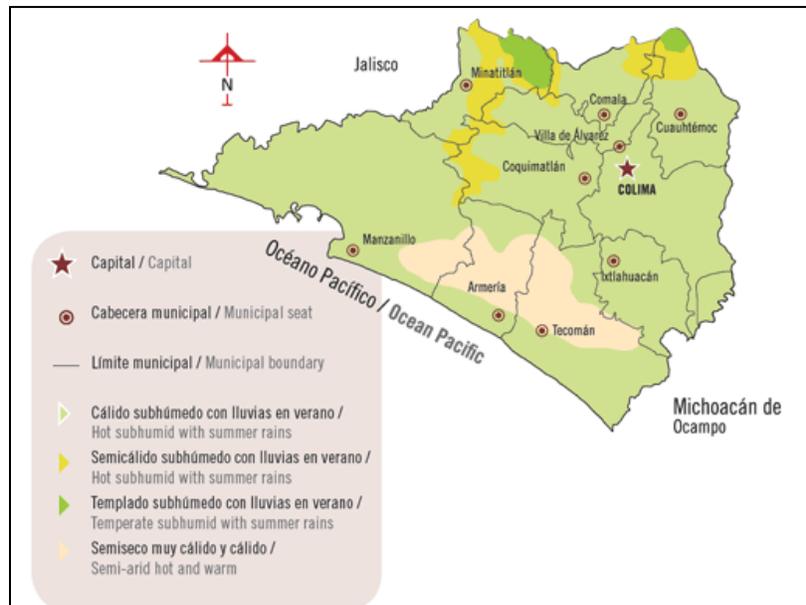


Figura 10. Climas del estado de Colima (INEGI, 2014)

Los fenómenos naturales que afectan las costas del área de estudio en la temporada de invierno y primavera son el fenómeno de bruma y el provocado por los factores antropogénicos como el de la Termoeléctrica, cuando el viento sopla de sur, sureste o del suroeste tienden a afectar al ambiente mezclándose las partículas y dando el efecto de bruma.

El área de estudio se encuentra en el municipio de Manzanillo con 161420 habitantes en 2010 (INEGI, 2011), este limita al norte con el municipio Minatitlán, al este con Armería y Coquimatlán y a sur con el Océano Pacífico. Manzanillo tiene 9 localidades y 3 bahías donde se localiza un puerto, consolidado en los últimos años como el principal puerto comercial del Pacífico Mexicano, siendo las principales rutas Japón, Hong Kong, Australia y Nueva Zelanda. El puerto se encuentra comunicado por redes de autopistas: Colima-Manzanillo (4 carriles, vías de cuota y de libre acceso), Manzanillo-Puerto Vallarta, Manzanillo-Minatitlán, Ramal-Aeropuerto, Cuyutlán-Manzanillo y Libramiento-Colomos-Tapeixtles, que comunica a Manzanillo con todo el estado y el país área el intercambio comercial por vía terrestre (SEMAR, 2012). En cuanto a la economía el Producto Interno Bruto per Cápita es de 118,047 pesos/hab. El sector minero en el área de estudios contribuye a un 19% de la producción industrial y 5.33% del PIB, los recursos minerales son hierro, agregados pétreos, arcillas, arena, caliza, grava y yeso (SEMAR, 2012; CONAGUA, 2014; INEGI, 2014).

Debido a la importancia minera que tiene el municipio, existen diferentes tipos de industrias que producen o explotan minerales, principalmente hierro, y la cercanía de las zonas urbanas de localidades del área de estudio como Tepeixles,

Francisco Villa y Valle de las Garzas provoca que sus habitantes argumentan que existe un polvo ferroso que flota en las inmediaciones de la planta peletizadora, ubicada al norte del puerto, dañando la salud de cientos de familias afectando también la apariencia del municipio arriesgando el turismo que es otro ingreso importante del estado. El delegado del Frente Mexicano de Derechos Humanos, organismo civil adherido a la Organización de las Naciones Unidas, asegura comenta que hay medio centenar de quejas ciudadanas por la contaminación de la planta peletizadora. (Méndez, A., 2011). De igual forma organizaciones ambientalistas han presentado denuncias a la Comisión Estatal de Derechos Humanos expresando que la planta peletizadora provoca la contaminación que afecta aguas y agroproductores de la región, también indicando que la movilización de las toneladas de mineral a la planta o fuera de ella generando polvo, afecta a más de 500 familias de comunidades de Colima y Jalisco (Cervantes, O., 2013)

2.5. Fundamentos de métodos utilizados

Los principales métodos utilizados en el proyecto fueron: Fluorescencia de Rayos X, pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica, que se desarrollaran en este capítulo

2.5.1. Fluorescencia de Rayos X

Es una técnica analítica que utiliza la interacción de los Rayos X con algún material para determinar su composición; es ampliamente utilizada como herramienta de caracterización en diversos campos de investigación como en polímeros, arqueología, geología, metalurgia, forense, electrónica, minería y análisis ambientales (Klein, C., Hurlbut, C., 2006).

La Fluorescencia de Rayos X está basado en los procesos de excitación y emisión; primero se inciden rayos x mediante un tubo; así los electrones en estado fundamental son excitados (radiación primaria), el átomo en su estado excitado regresa al estado fundamental, durante lo cual se producen saltos de electrones generando desprendimiento de energía en forma de radiación de rayos x secundarios llamada Fluorescencia de Rayos X, Figura 11.

Al ser, las energías de los distintos niveles electrónicos características para cada tipo de átomos, la radiación X emitida será característica para cada elemento, y, en principio, no dependerá de la sustancia química en la que se encuentre, ya que, en general, estas radiaciones están originadas por transiciones entre los niveles electrónicos internos, cuyas energías no se ven afectadas por el tipo de enlace existente.

Existen diversas ventajas de ésta técnica, no es destructiva, es aplicable a la mayoría de los elementos, se pueden analizar sólidos, líquidos, pastillas, polvos, papel, tela; pero para una mayor interacción en los sólidos, se recomiendan que se trate de polvos (IER, 2005).

2.5.2. pH, potencial y conductividad eléctrica

El pH es una propiedad química del suelo que tiene un efecto importante en el desarrollo de los seres vivos, la acidez es un problema en la productividad de una gran parte de los suelos en el mundo. El pH es generalmente usado como un parámetro fundamental en la evaluación de la calidad de aguas y suelos. Cuando el valor de pH del suelo oscila entre 5.0 y 5.5 surge preocupación de posibles efectos tóxicos con la presencia de ciertos iones metálicos, particularmente el Al^{3+} y el Mn^{2+} . En contraste, los valores de $\text{pH} > 7$ se encuentra usualmente asociados de muy baja solubilidad, y por lo tanto de posibles deficiencias de iones metálicos como Fe^{2+} y el Zn^{2+} ; los valores extremos de pH pueden indicar la presencia de ciertos minerales o iones en los suelos, $\text{pH} > 8$ se encuentran generalmente asociados con la presencia de altos niveles de Na^+ , soluble o intercambiable, mientras que valores $\text{pH} < 3$ indican la presencia de sulfuros metálicos como FeS o del mineral pirita FeS_2 (Aguirre, A., 2001).

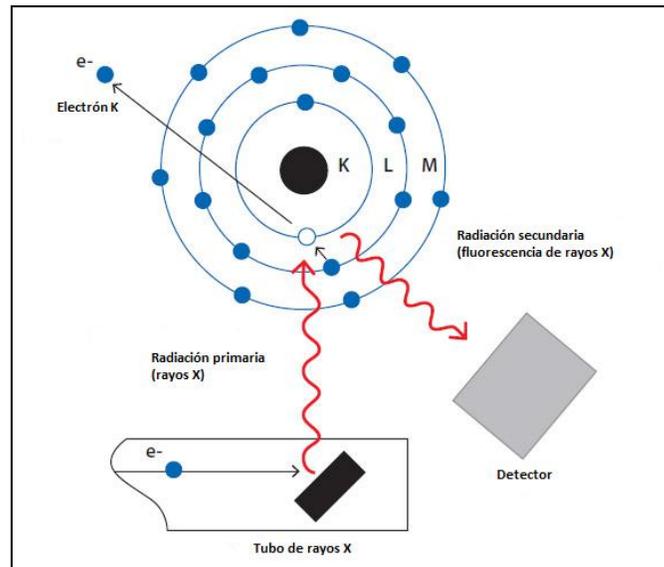


Figura 11. Fundamentos de la Fluorescencia de Rayos X (IER, 2005)

El potencial eléctrico puede definirse como una medida cuantitativa de la energía de la tendencia del electrón de escaparse de un sistema reversible óxido-reducción (redox). Esta medición refleja qué tan oxidado o reducido está el sistema con referencia a un estándar. Ya que el estado redox es una medida cuantitativa del estado de oxidación y reducción de las sustancias en el sistema, ésta permite representar el estado de oxidación de los compuestos susceptibles

de ser empleados como principal aceptor de electrones para los suelos. Así, en los suelos se emplean a los aceptores de electrones más oxidados que les permitan obtener más energía, disminuyendo de manera secuencial de aceptores bajo condiciones de potencial redox positivo y anaerobia potencial redox más negativos (Muñoz, I., Mendoza, A., López, G., et. al., 2000).

La conductividad se utiliza para indicar la concentración total de componentes ionizados en disoluciones. Las sales solubles determinan la presencia en solución de una serie de combinaciones de los cationes: calcio, magnesio, potasio, sodio y de los aniones: carbonato, bicarbonatos, cloruros, sulfatos etc. El valor de conductividad está relacionado con la suma de la actividad de los iones en general tiene correlación con los sólidos totales disueltos; por lo tanto es una forma indirecta de medir la salinidad del agua o extractos de suelos.

De acuerdo con los valores de conductividad eléctrica los suelos se pueden clasificar en las siguientes categorías:

- a) Suelos salinos: se caracterizan por tener un valor de conductividad superior a 4mmhos/cm (4000 μ S/cm) a 25°C. Por lo general tienen una costra de sales blancas, que pueden ser cloruros, sulfatos y carbonatos de calcio, magnesio y sodio.
- b) Suelos sódicos: presentan un color negro debido a su contenido elevado de sodio, por lo que la conductividad eléctrica está por debajo de 4mmhos/cm (4000 μ S/cm) a 25°C.
- c) Suelos salino-sódicos: poseen una conductividad eléctrica de 4mmhos/cm (4000 μ S/cm) a 25°C (Muñoz, I., Mendoza, A., López, G., et. al., 2000).

El tiempo de contacto entre el suelo y el agua, influye en la determinación del pH, potencial y conductividad del suelo. Si el tiempo de contacto con la suspensión es corto, no da tiempo que se disocien los protones de las fuentes del suelo; si es demasiado largo el tiempo de contacto, pueden ocurrir reacciones de descomposición anaerobias afectado los valores y las lecturas.

3. Metodología

3.1. Muestreo

Se realizaron tres muestreos en el área de estudio se colectaron los siguientes tipos de las muestras suelo, polvo, arena, sedimentos, rocas, minerales (fuentes internas y externas), afloramientos y follaje. Los muestreos fueron realizados en diferentes épocas del año: enero, junio y octubre de 2014. Se representan mapas realizados mediante el programa ArcGIS/ ArcMap 10, de esta manera se puede apreciar de manera más visual la distribución de las muestras.

3.1.1. Área de estudio

En la Figura 12 se muestra la localización general del área de estudio.



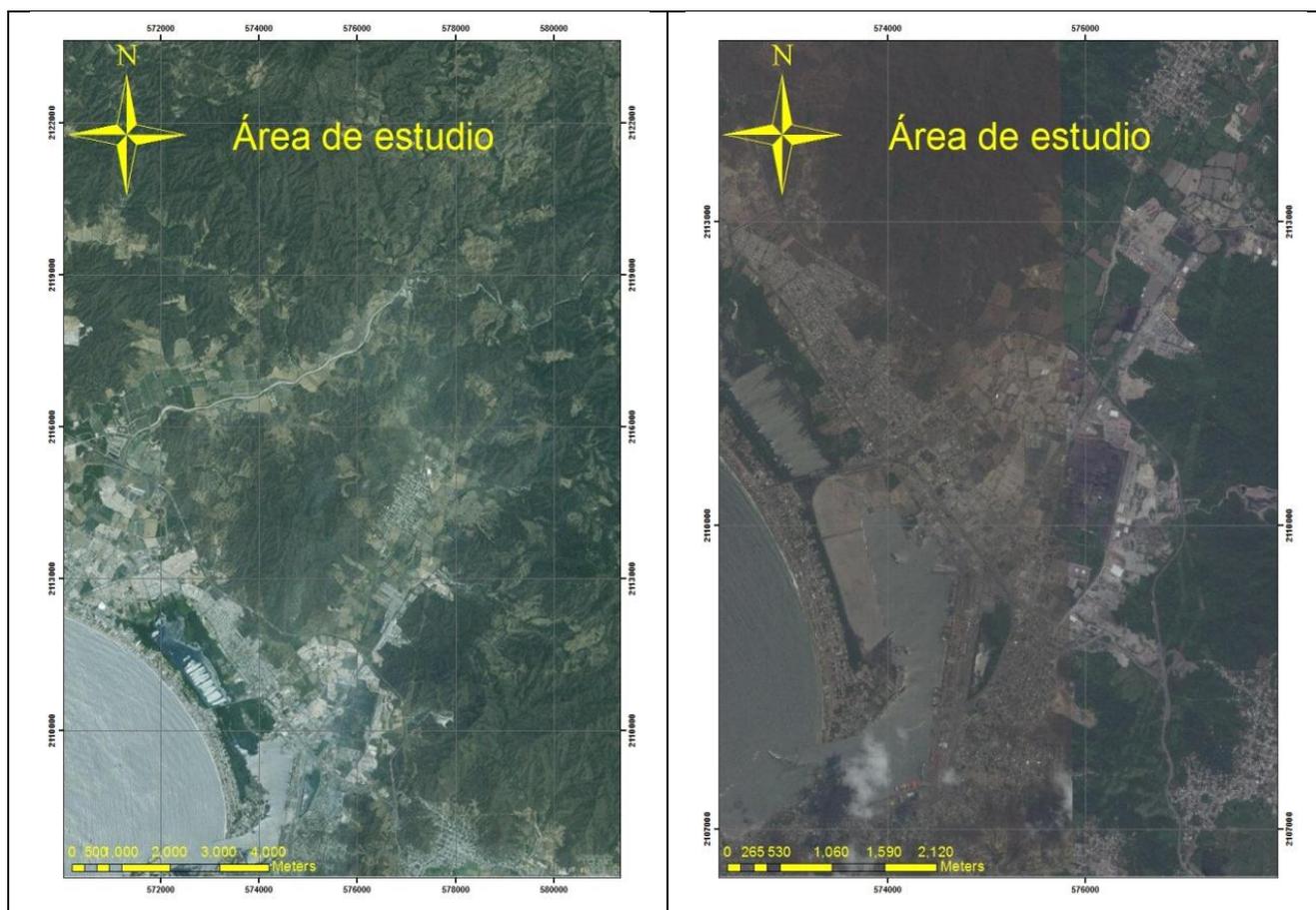
Figura 12. Localización del área de estudio

El área de estudio se dividió en cuatro zonas para la toma de muestras:

- Valores de fondo: zonas alejadas de actividades urbanas e industriales que puedan proveer algún tipo de contaminante por actividades antropogénicas.
- Fuentes internas. muestras de la planta peletizadora.
- Fuentes externas. muestras de zonas industriales cercanas a la planta.
- Zona de influencia. muestras del área de estudio que rodea a la planta.

En la Figura 13⁶, se muestra el área que cubre el estudio incluyendo los valores de fondo que se encuentran localizados entre 13 y 40 kilómetros de distancia de la zona de influencia. En la Figura 14, muestra las principales zonas del área de estudio que pueden tener algún tipo de influencias en el diagnóstico:

- 1) Planta peletizadora (fuentes internas)
- 2) Otras industrias, patios y carreteras cercanas (fuentes externas)
- 3) Áreas urbanizadas y con población, zona costera (zona de influencia)
- 4) Puerto internacional, basurero municipal
- 5) Zona alejada a las actividades antropogénicas (valores de fondo)



I. Área de estudio

II. Acercamiento de la zona de influencia

Figura 13. Mapa de área de estudio

⁶ En los mapas de esta figura será la única en la cual se colocarán las coordenadas del sitio ya que por motivos de confidencialidad no se puede mencionar la empresa ni la ubicación exacta de la planta peletizadora.



Figura 14. Localización de zonas y áreas importantes para el diagnóstico ambiental
1) fuentes internas 2) fuentes externas 3) zona de influencia 4) puerto internacional
y basurero municipal 5) valores de fondo

La toma de muestras fue realizada siguiendo los lineamientos establecidos en la NMX-AA-132-SCFI-2006 (SCFI, 2006).

Plan de muestreo.

Dentro del plan de muestreo se definieron las fechas y la duración del muestreo, lugares del área de estudio, localización y delimitación de la toma de muestras; así como la descripción breve de los procedimientos a realizar, las responsabilidades de los participantes, la programación de las actividades durante el muestreo y los materiales a utilizar.

Tipo de muestreo

Muestreo de Fondo

Permitió determinar las concentraciones de metales y metaloides en suelos no afectados por la fuente de contaminación. Con estas muestras se definen las

cantidades de elementos que se toman como referencia y se comparan las muestras tomadas en zonas afectadas por definir si existe alguna contaminación (SCFI, 2006).

Muestreo exploratorio en áreas urbanas

Se obtuvieron las muestras de suelo superficial, sedimentos, polvos, follajes y minerales (concentrados de fuentes internas y externas) para establecer la presencia de contaminación y en su caso prevenir su posible migración subterránea (SCFI, 2006).

Debido a la cantidad y tipo de análisis a realizar en el diagnóstico ambiental, de cada muestra se tomaron alrededor de 500g a excepción de los polvos y follajes, ya que de éstos se tomaba la cantidad al alcance del muestreador.

En la Figura 15 se muestra la distribución del muestreo toda el área de estudio, así como la totalidad de las muestras tomadas.

3.1.2. Primer muestreo

Se realizó en enero de 2014 con una temperatura promedio de 25°C (CONAGUA, 2014), se obtuvieron un total de 221 muestras en las cuales se tomaron 218 directamente del área de estudio y se recibieron 3 por el cliente procedentes de las industrias cercanas a la planta peletizadora, en la Figura 16 se muestra el mapa con ubicación de las muestras tomadas del primer muestreo.

Las matrices y cantidades de las muestras son las siguientes:

- **Suelos:** se tomaron un total de 78 muestras de las cuales 12 provienen de los valores de fondo y 66 de la zona de influencia.
- **Polvos**⁷: un total de 43 muestras tomadas provenientes de la zona de influencia.
- **Sedimentos:** 9 muestras tomadas en la zona de influencia.
- **Afloramientos:** son 11 muestras tomadas en los sitios donde se muestrearon los valores de fondo, estas muestras corresponden a el tipo de mineralogía de la zona.
- **Follajes:** se tomaron 35 muestras en total teniendo en cuenta que 12 provienen de valores de fondo, 15 de la zona de influencia y 8 se localizaban dentro de la planta.
- **Minerales**⁸: teniendo un total de 45 muestras las cuales son 8 de fuentes externas y 37 de fuentes internas.

⁷ Las muestras de **polvos** se tomaron exclusivamente de las banquetas de la zona de influencia, es decir en la zona urbana e industrial

3.1.3. Segundo muestreo

Realizado en junio de 2014 con una temperatura promedio de 28.7°C (CONAGUA, 2014), se tomaron 97 muestras en total. En éste muestreo no se tomaron muestras de suelo y follaje, en la Figura 17 se muestra el mapa donde se localizan las muestras tomadas en el segundo muestreo.

Las matrices y cantidades de las muestras son las siguientes:

- **Polvos:** un total de 39 muestras de las cuales 14 provienen de fuentes externas y 25 de la zona de influencia.
- **Sedimentos:** 29 muestras en total, 4 tomadas como valores de fondo, 22 de ellas provenientes de la zona de influencia y 3 dentro de la planta.
- **Minerales:** se tomaron 4 minerales de los cuales 2 son concentrados de la planta y un mineral tomado de la zona de influencia; así como una muestra de escoria proveniente de una fuente externa.
- **Arenas:** teniendo un total de 25 muestras obtenidas de la costa situada en la zona influencia.

3.1.4. Tercer muestreo

Realizado en octubre de 2014, con una temperatura promedio de 28°C (CONAGUA, 2014) con un total de 16 muestras tomadas y una entregada por la minera, en la Figura 18 se encuentra un mapa con todas las muestras que se tienen del tercer muestreo.

Se obtuvieron las muestras descritas a continuación:

- **Sedimentos:** de las 15 muestras tomadas, 3 son valores de fondos y 12 muestras provenientes de la zona de influencia.
- **Mineral:** una muestra proveniente de una fuente externa.

⁸ Se les denominó **minerales** a las muestras identificadas como concentrados de mineral, o mineral natural ya que en algunos casos no se proporcionó información de la procedencia de la muestras; de igual manera se les llamó así a las muestras obtenidas que se observó que no eran suelos, polvos o sedimentos.

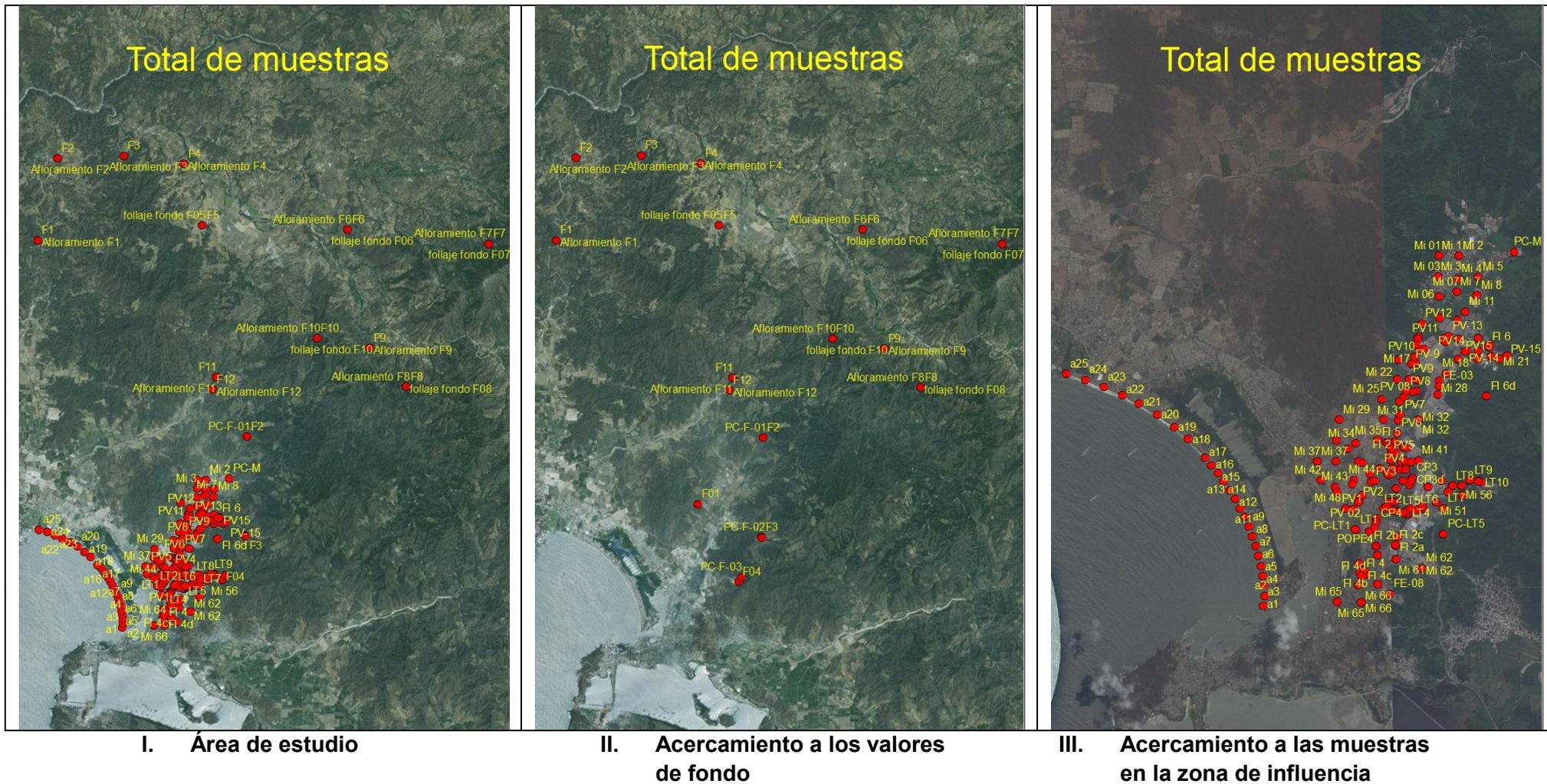
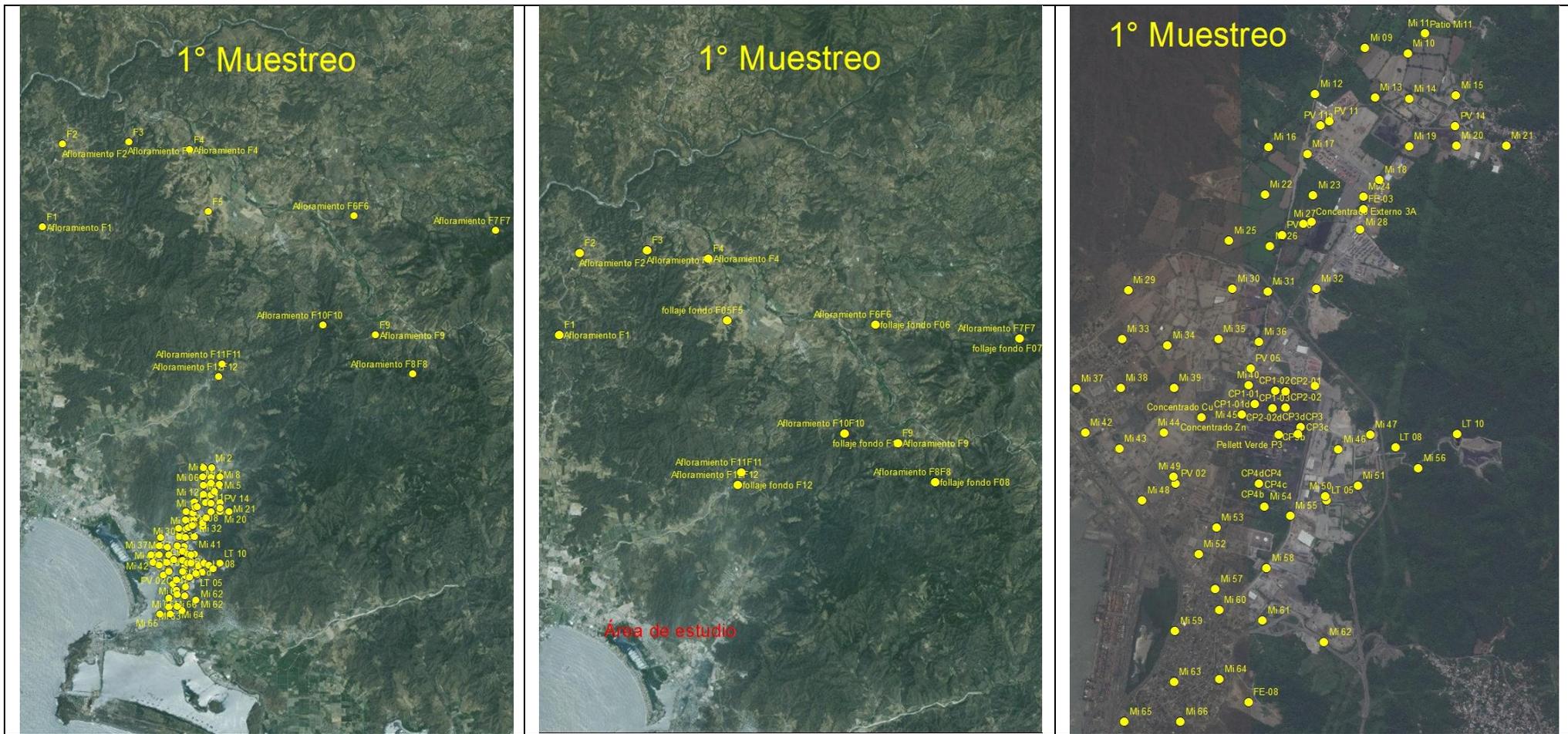


Figura 15. Distribución total de las muestras en el área de estudio (I, II y III)

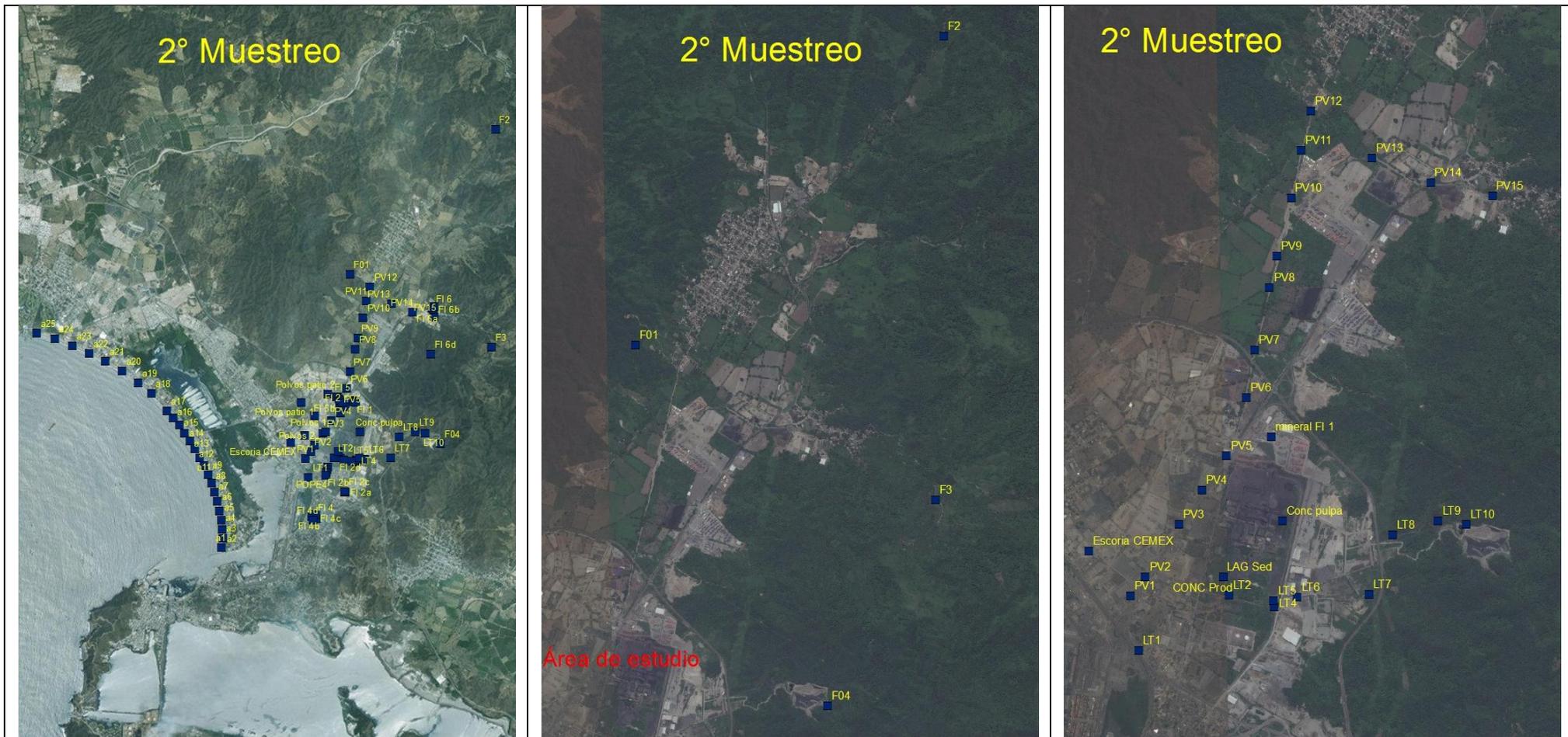


I. Total de muestras del primero muestreo

II. Acercamiento de los valores de fondo de primero muestreo

III. Acercamiento de la zona de influencia

Figura 16. Localización de muestras totales del primero muestreo (I, II y III)



I. Total de muestras segundo muestreo

II. Acercamiento de los valores de fondo del tercer muestreo

III. Acercamiento de la zona de influencia

Figura 17. Localización de las muestras del segundo muestreo (I, II y III)



I. Total de muestras del tercero muestreo

II. Acercamiento de los valores de fondo del tercero muestreo

III. Acercamiento de la zona de influencia

Figura 18. Localización de las muestras tomadas en el tercero muestreo (I, II y III)

En el laboratorio se llevó a cabo la recepción y la preparación de las muestras siguiendo los lineamientos de la NMX-AA-132-SCFI-2006 (SCFI, 2006).

3.2. Preparación de muestras

Las muestras se registraron e identificaron de tal manera que fuera fácil determinar su procedencia, así como los análisis que se les realizaron.

Posteriormente se realizó el secado de las muestras, para facilitar el manejo de ellas, éste proceso se llevó a cabo a temperatura ambiente, para algunos suelos y follajes se utilizó una mufla a 35°C hasta obtener peso constante. Una vez secas las muestras se homogenizaron y cuartearon para tener una cantidad representativa para un retenido original (muestra sin alteraciones) y para análisis.

El retenido original se almacenó en resguardo, para el análisis de las muestras se utilizó un tamiz de acero inoxidable de 2mm de diámetro (malla 10), en las muestras de polvo se utilizó de 0.250mm (malla 60) debido a que podrían contener materiales que no cumplieran con éste tamaño; la parte que llega a pasar por el tamiz tiene el particulado correcto para la mayoría de los análisis a realizar, al menos que se indique alguna excepción.

Las muestras de follaje después de secadas, se molieron con una trituradora de alimentos, de tal forma que se obtuvo un polvo. Las muestras de afloramiento, que eran rocas se trituraron mediante una quebradora de quijada de marca DAYTON (sin modelo) para obtener una muestra manejable.

3.3. Caracterización de muestras

Se realizaron 5 diferentes tipos de análisis para la caracterización de las muestras tomadas en los tres muestreos, éstas técnicas se presentan a continuación:

3.3.1. Fluorescencia de Rayos X

Todas las muestras (suelos, rocas, sedimentos, arenas, follajes y minerales) se analizaron mediante esta técnica; el equipo utilizado es Niton FXL 959 de la marca ThermoScientific, ubicado en el Laboratorio de Geoquímica Ambiental del Instituto de Geología (Figura 19).

Ya que la muestra se tiene previamente preparada; es decir seca, homogenizada, cuarteada y tamizada, de la cantidad destinada para análisis se tomaron alrededor de 100g de muestra y se molieron con un molino de bolas de marca Fritsh, Pulverisette 6 hasta obtener un polvo fino tipo talco,

En el caso del follaje como ya se mencionó una vez seca la muestra se llevó a trituración y de ésta forma fue almacenada y analizada.



Figura 19. Equipo de Fluorescencia de Rayos X de marca ThermoScientific, modelo Niton FXL959 (Thermo Scientific, 2013)

El equipo al encenderse realiza una autocalibración, posteriormente se determina qué modo se utilizará suelo o mina, ya que éste depende de la muestra que va a ser analizada (roca, suelo, jal); en cuanto a nuestra metodología se utilizó suelo ya que se sabía que la concentración de los elementos era del orden de mg/Kg.

Posteriormente se configuraron los filtros a utilizar ya que existen tres: principal, bajo y alto. Cada uno de ellos determina elementos diferentes, debido a la diferencia y variedad de elementos se programaron los tres con un barrido de 30 segundos cada uno por triplicado para obtener un promedio. En la Tabla 2 se muestran los elementos que analiza el equipo por cada filtro programado.

Tabla 2. Elementos analizados por cada filtro del equipo de Fluorescencia de Rayos X Niton FXL 959

Filtro	Elementos
“Main” (Principal)	Mo, Zr, Sr, U, Rb, Th, Pb, Se, As, Hg, Zn, W, Cu, Ni, Co, Fe y Mn
“Low” (Bajo)	Cr, V, Ti, Sc, Ca, K, y S
“High” (Alto)	Ba, Cs, Te, Sb, Sn, Cd, Ag y Pd

Una vez configurado el equipo se determinaron tanto un blanco (SiO_2) como un material de referencia como control de calidad cada 10 muestras, los materiales de referencia utilizados fueron estos los suelos Montana SRM 2710a y GBW07411; obtenidos del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST), de los EE.UU. Geological Survey (USGS), el Consejo de Investigación Nacional de

Canadá, y la oficina nacional de las normas en las naciones extranjeras (Laboratorio de Geoquímica Ambiental).

Cada vez que se utilizó el equipo o se cambió de muestra, se limpió de forma delicada con una brocha quitando el exceso de polvo en la membrana que se pueda caer de cada muestra y evitar interferencias en la lectura.

3.3.2. pH , potencial eléctrico y conductividad eléctrica

En nuestra metodología, la EPA 9045D para pH, la ISO 11271:2002 potencial eléctrico y la ISO 1126:1994 conductividad eléctrica.

Se midió el pH y el potencial eléctrico con un equipo Beckman, pH-Metro Φ 720w (Figura 20); en agua desionizada. Se utilizó una relación de 1:3, sólido:líquido, en general 20g de muestra destinada para análisis (malla 10), con 60mL de agua colocados en un envase de vidrio; agitando por 5 minutos en un agitador orbital a 240rpm, teniendo así contacto entre la muestra y el agua, dejándolo reposar una hora llegando al equilibrio y pudiendo determinar tanto el pH como el potencial eléctrico como la conductividad eléctrica. Con las muestras ya preparadas se coloca el electrodo en la parte acuosa evitando tocar el sólido, tomando el valor de pH que nos proporcione el equipo, el procedimiento se realiza por triplicado para obtener un promedio de las mediciones y entre cada 10 mediciones se introduce el estándar de pH 7 para el control de las lecturas. Al mismo tiempo de la toma del pH se analiza la del potencial eléctrico (ISO, 2015; EPA, 2004).

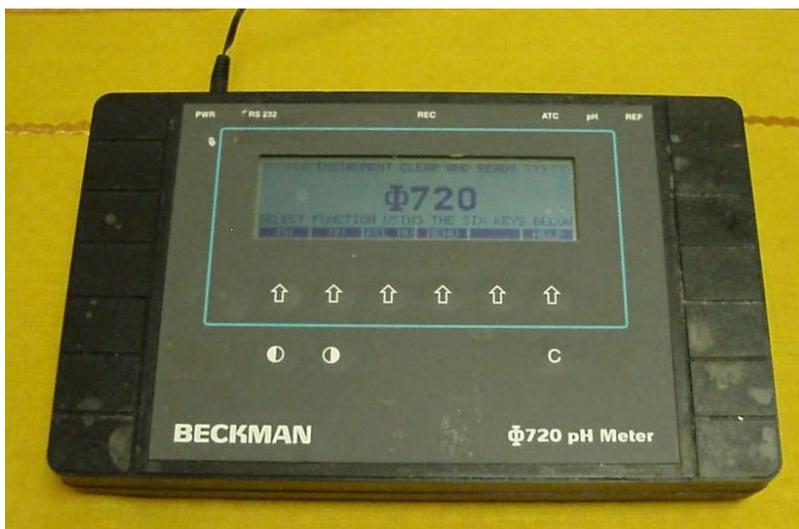


Figura 20. pHmetro (Beckman, pH-Metro Φ 720w) (Rico Malacara)

Para la conductividad eléctrica se utilizó un equipo Corning modelo Conductivity meter 441, Figura 21. Debido a que el proceso de la preparación de muestra para el análisis de la conductividad eléctrica, es de igual forma que el pH y potencial

eléctrico, después de analizarlos se introdujo el electrodo del conductímetro procurando que no toque el sólido y dejando estabilizar la lectura realizándolo por triplicado y lavado el electrodo cada medición de igual manera que los procesos anteriores se debe calibrar el equipo antes de la medición de las muestras, se introduce el estándar cada 10 muestras, el utilizado es de marca Pinnacle y se debe medir en el mismo momento de la preparación (ISO, 2010).



Figura 21. Conductímetro utilizado, Corning modelo Conductivity meter 441 (Rico Malacara)

A continuación en la Tabla 3, se describen las técnicas utilizadas en el análisis de cada muestra dependiendo de su matriz.

Tabla 3. Resumen de la metodología empleada por técnicas analíticas de cada matriz

Análisis	Arenas	Afloramientos	Follajes	Minerales	Polvos	Sedimentos	Suelos
Fluorescencia de Rayos X	X	X	X	X	X	X	X
pH	X	X		X		X	X
Potencial eléctrico	X	X		X		X	X
Conductividad eléctrica	X	X		X		X	X

3.4. Análisis estadístico

3.4.1. Análisis de varianza

El análisis de varianza, ANDEVA o ANOVA por sus siglas en inglés, es un procedimiento estadístico para separar y comparar varias medias, estimando las diferentes causas de variación (Miller & Miller, 2002). El ANOVA de un factor analiza el comportamiento de la variable dependiente en función de de la variabilidad mostrada en los grupos definidos por la variable independiente, asumiendo que la variable dependiente es cuantitativa, con una distribución normal dentro de cada grupo y con la misma varianza en todos ellos. La potencialidad de análisis se basa en que la variabilidad total de la muestra se puede descomponer en la variabilidad debida a las diferencias entre grupos y la debida a las diferencias dentro de los grupos. Para aplicar la ANOVA se debe suponer que las observaciones son normales, independientes y con la misma varianza para cada grupo (Mongomery, C., 2005).

3.4.2. Diferencia mínima significativa

Este método es una prueba t de Student que utiliza varianza combinada y nos indicará que diferencia podemos hallar entre dos medidas realizadas en condiciones determinadas. En caso de condiciones repetitivas o condiciones homogéneas, la diferencia coincidirá con el valor de repetibilidad⁹ (Valcárcel, M., Ríos, A., 1992; Miller, J., Miller, J., 2002).

Este método no es totalmente riguroso, si la diferencia entre dos medias es mayor que el producto $(sD)(t)$, se declara el resultado significativo, si la diferencia es igual o menor que el producto, de declara no significativo (Quiroga,V., 1976; ; Miller, J., Miller, J., 2002).

⁹ Resultado obtenido aplicando el mismo proceso analítico a la misma muestra en circunstancias idénticas

4. Resultados y discusión de resultados

La presentación y discusión de los resultados se harán por el tipo de matriz: suelos, polvos de banquetas dentro de la zona urbana e industrial, sedimentos a lo largo de dos arroyos que se encuentran en la zona de influencia “La Tigra” y “Pancho Villa” ambos pasando por un lado de la planta, se muestrearon hojas de árboles para determinar si se puede evaluar la afectación del aire de forma indirecta ya que los polvos que se produzcan de alguna industria o planta se pueden llegar a depositar en ellas. Se tomaron algunas muestras de minerales (externos e internos) cuya información nos permitirá conocer si existe alguna afectación debida a la explotación de estos minerales que se realiza en la zona. Por último se realizó un muestreo de arena de la playa que se encuentra contigua a la zona de influencia para determinar si existen concentraciones altas de elementos potencialmente tóxicos.

Se realizó una correlación entre las muestras de valores de fondo y la zona de influencia, determinando que elementos exceden las concentraciones de dichos valores. Los elementos identificados mediante la correlación fueron: As, Pb y Zn; por lo que se denominaron como elementos trazadores y la discusión se centrará en ellos. Posteriormente se realizaron análisis estadísticos de varianza (ANDEVA o ANOVA en siglas en inglés) de un factor con 95% de confianza, complementando con la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS); estableciendo las posibles diferencias entre las concentraciones de cada elemento con las concentraciones obtenidas en las muestras de los valores de fondo para la identificación de éstos elementos que pueden indicar algún tipo de contaminación y llegar a la afectación de la flora, fauna y comunidad del área de estudio.

El área de estudio se dividió en 5 zonas para efectuar los análisis estadísticos de los resultados que se muestra en la Figura 22; zona 0, valores de fondo, zona 1 cinco kilómetros aproximadamente al norte de la planta y en dirección de los vientos, zona 2, al este de la planta, zona 3 al sur de la planta, zona 4 al oeste de la planta y donde se encuentran otras posibles fuentes de contaminación y zona 5, dentro de la planta donde se ubican las fuentes internas.

Para la identificación de los elementos trazadores, se realizó una correlación entre las concentraciones de los elementos que se encuentran de origen natural en el área de estudio y las concentraciones de la zona de influencia, identificando que son As, Pb y Zn, adicionalmente para el análisis de resultados se tomaron los límites de detección del equipo de Fluorescencia de Rayos X y las concentraciones que se tienen reguladas de ciertos elementos en la NOM-147-SEMARNAT/SSA-2004 (SEMARNAT, 2007).

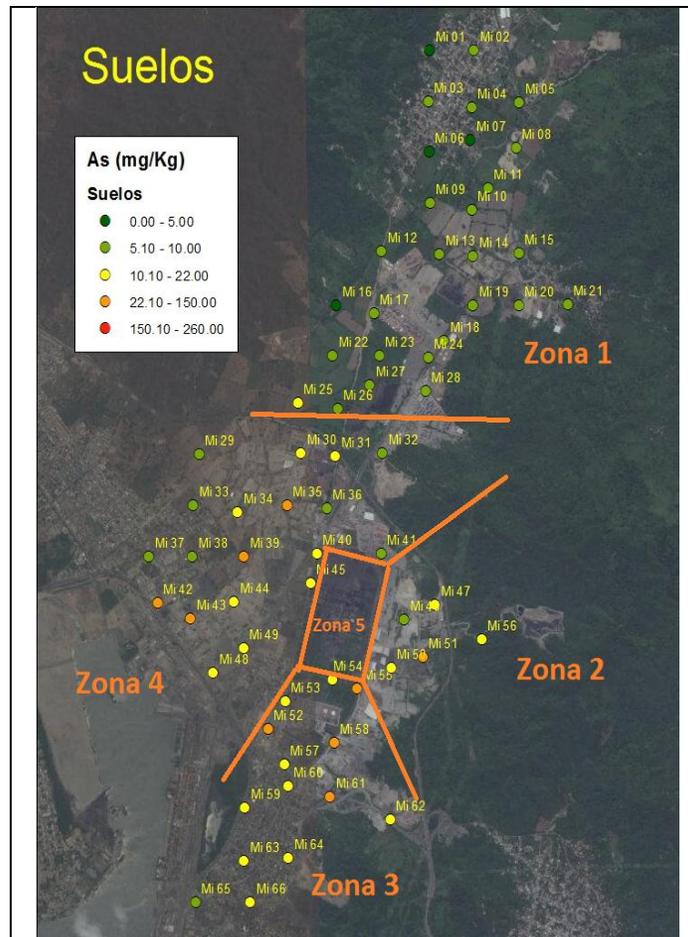


Figura 22. Distribución de las zonas del área de estudio para el análisis de resultados

4.1. Suelos

Los suelos fueron tomados únicamente en el primer muestreo.

4.1.1. Concentración de elementos potencialmente tóxicos

Se analizaron todas las muestras de suelos, valores de fondo y zona de influencia, mediante FRX los resultados completos se presentan en el Anexo 1. En la Tabla 4, se presentan las concentraciones de los elementos trazadores por zonas para las muestras de suelo

Tabla 4. Promedio de la concentración de los elementos trazadores en las muestras de suelo por zona

zona	As	Pb	Zn
	mg/Kg		
0	<L.D. ¹⁰	9.39	75.74
1	<L.D.	16.23	95.64
2	17.73	48.03	278.12
3	18.79	76.96	299.71
4	25.28	119.17	570.21

Se puede observar que los valores de fondo (zona 0), tiene concentraciones promedio de As, Pb y Zn naturalmente en el sitio de estudio. Cuando éstos valores se comparan con la zona 1, se puede apreciar que se tiene As en concentraciones menores o igual a 14.5mg/Kg, pero si Pb y Zn en concentraciones mayores a la zona 0, al observar la zona 2, 3 y 4, se encuentra un aumento en las concentraciones de los elementos, siendo en la zona 4 donde las concentraciones son más altas.

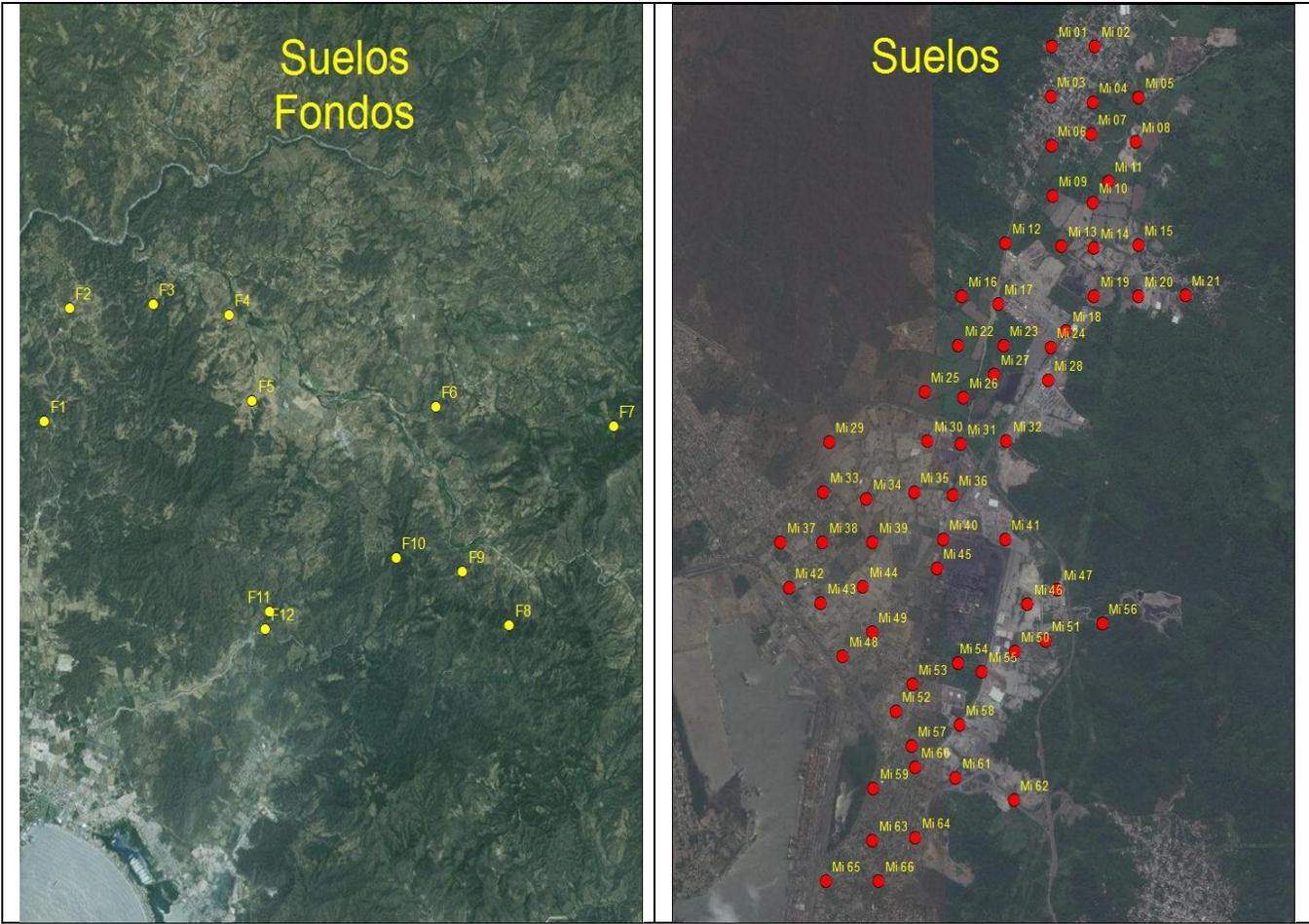
En la Figura 23 (I y II), se muestra tanto, la ubicación de las muestras tomadas en la zona 0, valores de fondo (12 suelos) que como ya se había mencionado son muestras tomadas en lugares que no tienen influencia de actividades antropogénicas y nos pueden informar de las concentraciones de los elementos de manera natural como lo indica la NOM-147-SEMARNAT/SSA-2004 y de las muestras de suelos en toda el área de influencia, zona 1 a 4 (66 suelos que ocupan el total del área de influencia de la planta).

En la Figura 24 (I, II y III) se observan los resultados de la distribución de las concentraciones de las muestras tomadas de suelos, divididos por los elementos trazadores, As, Pb y Zn. En éstos mapas se observa que los suelos de las zonas 1 y 2, no se presentan concentraciones mayores a los valores de fondo (color verde) a comparación de las que se encuentran en las zonas 3 y 4; la zona 4 es la que presenta concentraciones mayores de estos elementos, es importante mencionar que en ésta zona se encuentran algunas fuentes externas, como lo son patios de almacenamiento de minerales que se exportan vía marítima, por otro lado la zona 3 tiene influencia de basurero municipal ya mencionado en la pagina 24.

Al determinar la zona que cuenta con concentraciones altas, se observó que existen muestras específicas siendo las que contienen las altas concentraciones de éstos elementos; Mi 39 y Mi 43 (Tabla 26 y 27 del Anexo); por lo cual podemos

¹⁰ <L.D.: Límites de detección del equipo Thermo Scientific Niton FXL x-ray fluorescence. Arsénico: 14.5mg/Kg; Plomo: 3.7mg/Kg y Zinc: 61.1mg/Kg

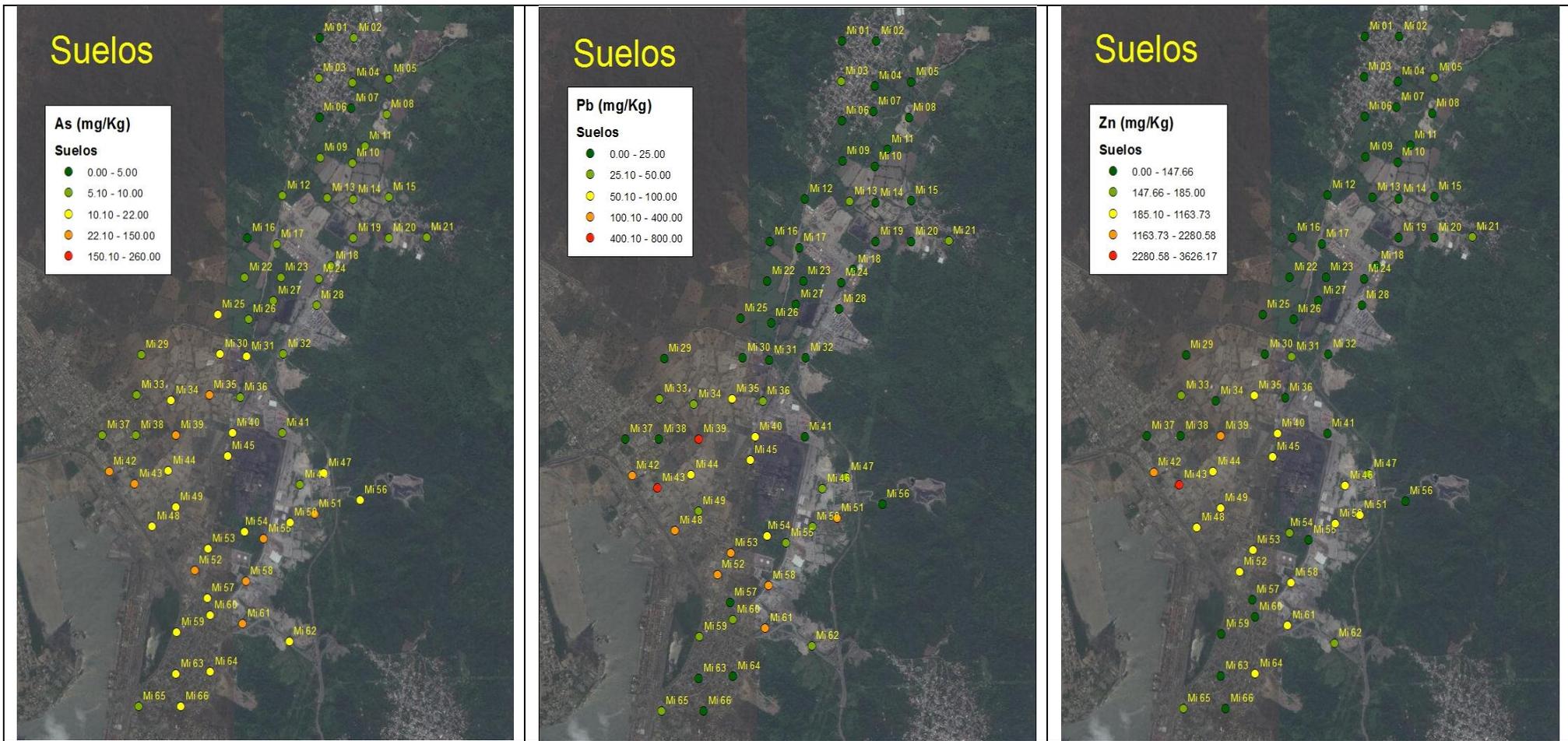
decir que las concentraciones altas de los elementos trazadores pueden ser debidas a las fuentes externas ubicadas en la zona 4 y específicamente cerca de esos puntos de muestreo mencionados.



I. Muestras tomadas en valores de fondo de suelos

II. Muestras de suelos tomadas en la zona de influencia

Figura 23. Localización de las muestras de suelos para valores de fondo y la zona de influencia



I. Concentración de As

II. Concentración de Pb

III. Concentración de Zn

Figura 24. Comparación de las concentraciones de los elementos trazadores As, Pb y Zn para cada muestra de suelo por zona (I, II y III)

4.1.2. pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica

Se realizó la medición de los parámetros fisicoquímicos a las muestras sólidas a excepción de follajes y polvos, para determinar si existe algún tipo de cambio que nos pueda indicar algún tipo de alteración del suelo y la disponibilidad de nutrientes para las plantas y microorganismos. Por ejemplo si el pH es bajo, se puede encontrar que tanto el Al, Fe y Mo aumentan su solubilidad, siendo éstos tóxicos para las plantas; pero sí aumenta el pH disminuye la solubilidad de los elementos y puede producirse precipitación de éstos (Sparks, 2003).

Los datos completos de los análisis de éstas muestras se encuentran en el Anexo 1. Los datos promedio por zona de forma representativa se encuentran en la Tabla 5 indicando los valores de pH, potencial y conductividad eléctrica en cada zona.

Tabla 5. Promedio de pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica de las muestras de suelos por zona

zona	pH	(Ag/AgCl*)	C.E.
		mV	µS/cm
0	6.19	373.06	33.53
1	6.46	203.52	407.75
2	7.34	226.41	151.10
3	7.43	229.69	530.01
4	7.17	229.59	270.26

Se puede observar que las propiedades químicas analizadas de los valores de fondo (zona 0) son distintas a las zonas 1 a 4, lo que nos puede indicar que existen elementos que pueden estar causando estas diferencias. En la zona 1 se puede observar que el pH se ve afectado, interpretando que existe presencia de agentes en esa zona que provocan esas diferencias. En la zona 2, 3 y 4 se tienen valores muy similares de potencial eléctrico y valores de pH mayor a 7, indicando que existe un aumento de pH con respecto al natural superando la neutralidad en los suelos y prácticamente el mismo valor de disociación de los iones en esos suelos, en cuanto a la conductividad, nos indica que tenemos, en las zonas 4 y de manera marcada en la 1 y 3, elementos que conducen la electricidad en nuestro suelo siendo esos valores muy elevados a comparación de los valores de fondo e identificando que se trata de suelos sódicos.

4.1.3. Análisis estadísticos

Como apoyo para la interpretación de los resultados se realizaron análisis de ANOVA de un factor indicado. Los ANOVAS se hicieron al 95% de confianza con los datos obtenidos de la correlación. Para efectuar el análisis ANOVA las muestras se clasificaron por zonas como ya se había mencionado. Cuando el

ANOVA indicó diferencias significativas se realizó de forma adicional la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS)¹¹, para encontrar las diferencias puntuales entre las distintas zonas, también al 95% de confianza. Estas pruebas se efectuaron para cada elemento trazador para cada tipo de matriz (Miller & Miller, 2002).

En la Tabla 6, se muestran los resultados del análisis estadístico de los elementos trazadores en las zonas del área de estudio. Mediante el análisis de ANOVA, se observó que existe poca probabilidad que las diferencias se deban al azar; es decir que las concentraciones altas de los tres elementos trazadores se encuentran en lugares específicos.

La diferencia mínima significativa, nos proporciona información de cada zona por elemento, identificando que las concentraciones de As en la zona 0, no difieren a las del mismo elemento en la zona 1. En comparación con las zonas 2, 3 y 4 las cuales si difieren significativamente con un valor de 8.78mg/Kg de As. En cuanto a las concentraciones de Pb de igual manera están en lugares específicos, siendo poca la probabilidad que la ubicación sea al azar; teniendo que en las zonas 1 y 2 no difieren significativamente de la zona 0, siendo mayores las concentraciones del elemento en las zonas 3 y 4 en comparación de los valores de fondo, con una diferencia de 48.68mg/Kg. Las concentraciones anómalas de Zn también fueron ubicadas en sitios específicos y puntuales, así las concentraciones de las muestras no difieren significativamente entre las zonas 1, 2 y 3 con la zona 0, pero si son significativamente mayores en la zona 4 con un valor de 75.74mg/Kg.

Para la matriz de suelos se determinó que las concentraciones mayores de As, Pb y Zn, se encuentran es sitios específicos, los cuales están ubicados en las zonas 3 y 4. En estas zonas se encuentran empresas e industrias que pudieran estar provocando las altas concentraciones de estos elementos.

¹¹ **DMS** es el valor absoluto de la diferencia mínima (por ejemplo concentraciones), que debe existir los valores medios de parámetro de análisis entre las zonas de comparación, se considere que difieren de forma significativa.

Tabla 6. Resultados de las pruebas ANOVA y DMS en las muestras de suelo

Prueba estadística	ANOVA		Diferencia mínima significativa (DMS)	
Parámetro/ Resultado	Resultado ANOVA*	Conclusión	DMS	Conclusiones
As	$F_{cal} > F_{Cr}$	Existen diferencias significativas por zonas en la [As] $P(0.005)$	8.78mg/Kg	<ul style="list-style-type: none"> Las [As] de la zona 1 no difiere de forma significativa de la [As] de la zona de fondo. Las [As] de las zonas 2, 3 y 4 son significativamente mayores de la [As] de la zona de fondo. La [As] se puede considerar similar a zona 3 y zona 4.
Pb	$F_{cal} > F_{Cr}$	Existen diferencias significativas por zonas en la [Pb] $P(0.005)$	48.68mg/Kg	<ul style="list-style-type: none"> Las [Pb] de las zonas 1 y 2 no difieren de forma significativa de la [Pb] de la zona de fondo. Las [Pb] de las zonas 3 y 4 son significativamente mayores de la [Pb] de la zona de fondo. La [Pb] se puede considerar similar a zona 3 y zona 4.
Zn	$F_{cal} > F_{Cr}$	Existen diferencias significativas por zonas en la [Zn] $P(0.005)$	75.74mg/Kg	<ul style="list-style-type: none"> Las [Zn] en las muestras de las zonas 1, 2 y 3 no difieren de forma significativa de la [Zn] en la zona de fondo. La [Zn] en las muestras de las zonas 4 son significativamente mayores que la [Zn] en la zona de fondo y de las zonas 1, 2 y 3.

* F_{cal} : F calculada (con valores experimentales), F_{Cr} : F crítica (valores de tablas)

4.2. Polvos

Tomados en el primero y segundo muestreo.

4.2.1. Concentración de elementos potencialmente tóxicos

Los polvos muestreados en el estudio pertenecen a la zona urbana y alrededor de las fuentes internas y externas. En el primer muestreo se tomaron polvos del mismo punto donde se muestrearon las demás matrices. Con los resultados del primer muestreo se dirigió el segundo muestreo para tomar muestras en donde se tuviera mayor concentración de los elementos potencialmente tóxicos. Los resultados completos se representan en el Anexo 1, y un resumen estadístico por

muestreo en las Tablas 7 y 8. Para este tipo de matriz solo se realizó el análisis de Fluorescencia de Rayos X, ya que para la mayoría de las muestras no se contó con la cantidad necesaria para los análisis de pH, potencial y conductividad eléctrica.

En la Figura 25 se presenta un mapa con la localización de las muestras de polvos en los dos muestreos realizados.

Primer muestreo

En el caso de los polvos, se debe tomar en cuenta que no existen en la zona 0, ya que no es zona urbana, por lo que para el análisis de la afectación el valor de fondo utilizado fueron los suelos de fondo. En la Tabla 7, se observan las concentraciones de los elementos trazadores. Al comparar las concentraciones de los valores de fondo; al compararlos con las otras zonas se puede notar que tienen de manera general, las concentraciones los tres elementos, mayores en las zonas urbanas, la zona 3 tiene las concentraciones mayores en promedio: As 445.25mg/Kg, Pb 4286.33mg/Kg y Zn 3892.27mg/Kg. Las concentraciones de Zn en todas las zonas son elevadas en comparación de los demás elementos.

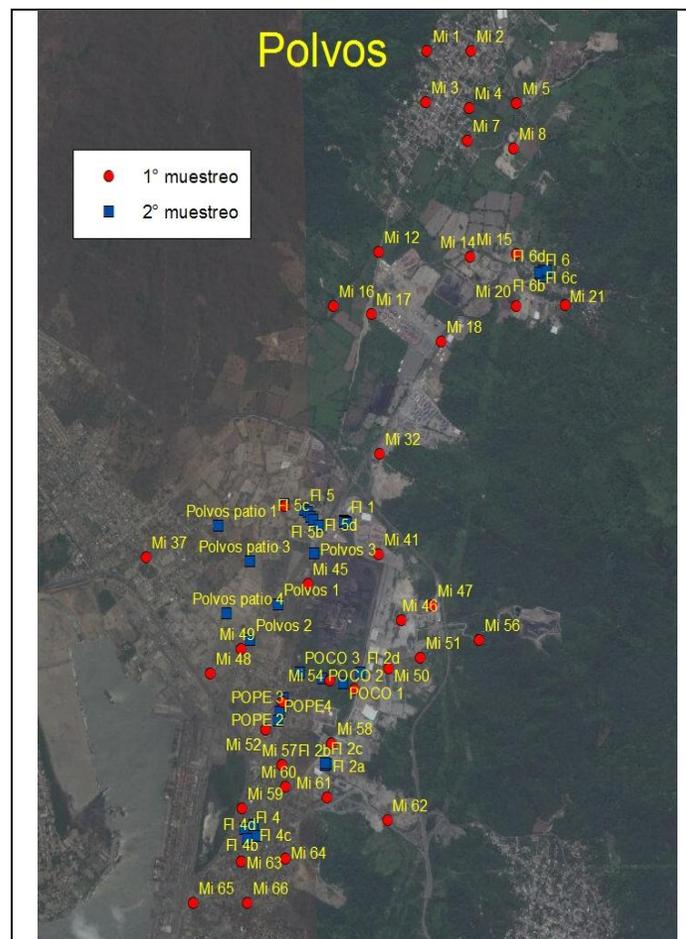


Figura 25. Localización de las muestras de polvos del primer y segundo muestreos

Tabla 7. Promedio de la concentración de los elementos trazadores en las muestras de polvo del primer muestreo por cada zona

zona	As	Pb	Zn
	mg/Kg		
0	<L.D.	9.39	75.74
1	<L.D.	73.47	268.28
2	20.91	71.44	404.27
3	445.25	4286.33	3892.27
4	19.80	154.26	389.70

Segundo muestreo

De igual forma para el primer muestreo se tomaron como valores de fondo, los valores de la zona 0 de las muestras de suelo.

Tabla 8. Promedio de las concentración de los elementos trazadores en polvos del segundo muestreo por cada zona

zona	As	Pb	Zn
	mg/Kg		
0	<L.D.	9.39	75.74
1	<L.D.	22.92	108.01
2	94.46	694.29	1655.19
3	4124.25	5077.59	16400.33
4	<L.D.	122.55	221.65

En la Tabla 8, se determinaron los promedios de las concentraciones de los elementos trazadores en los polvos del segundo muestreo. Se observa que de igual manera que en el primer muestreo, la zona 3 presenta las concentraciones mayores de los elementos trazadores, indicándonos y confirmando que en esta zona es donde se depositan estos polvos con altos contenidos de elementos potencialmente tóxicos. En la zona 2 también se observan altas concentraciones de los elementos siendo más acentuado en Pb y Zn.

Es importante resaltar el aumento de concentraciones entre el primero y segundo muestreo indicando que existen factores que modifican las concentraciones.

En la Figura 26 se comparan las concentraciones de As, Pb y Zn por zona del primero y segundo muestreo. Se puede observar que la zona 3 es la que contiene las concentraciones elevadas a comparación del demás zonas, los tres elementos están en concentraciones mayores a los valores de fondo, es muy notorio que el Zn del segundo muestreo, es el elemento que excede las concentraciones en comparación As y Pb del primero y segundo muestreo.

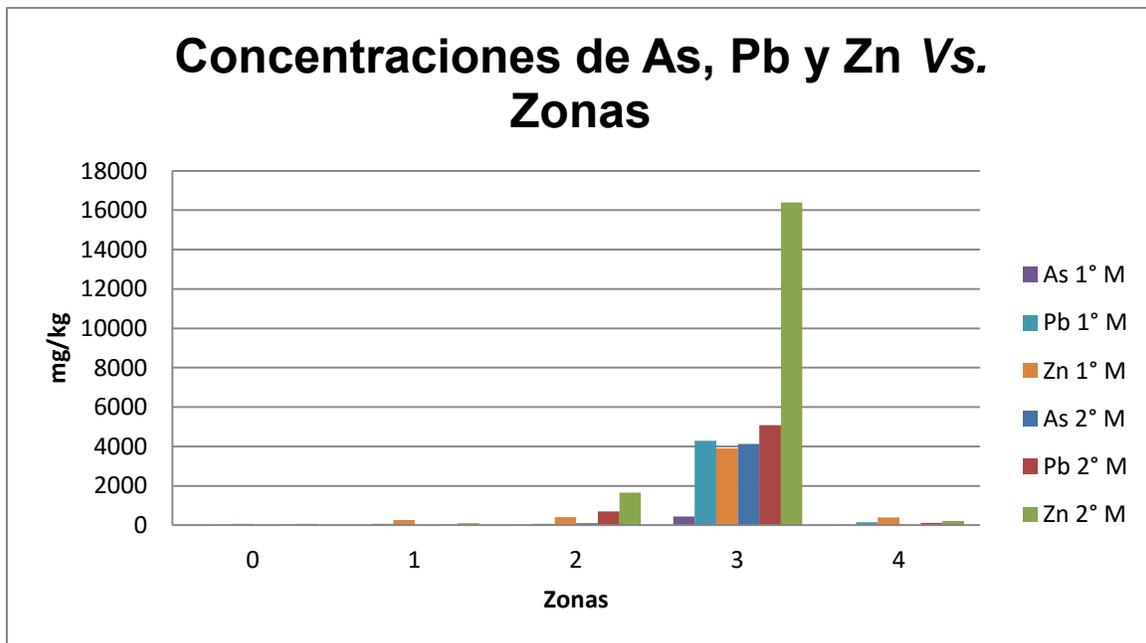
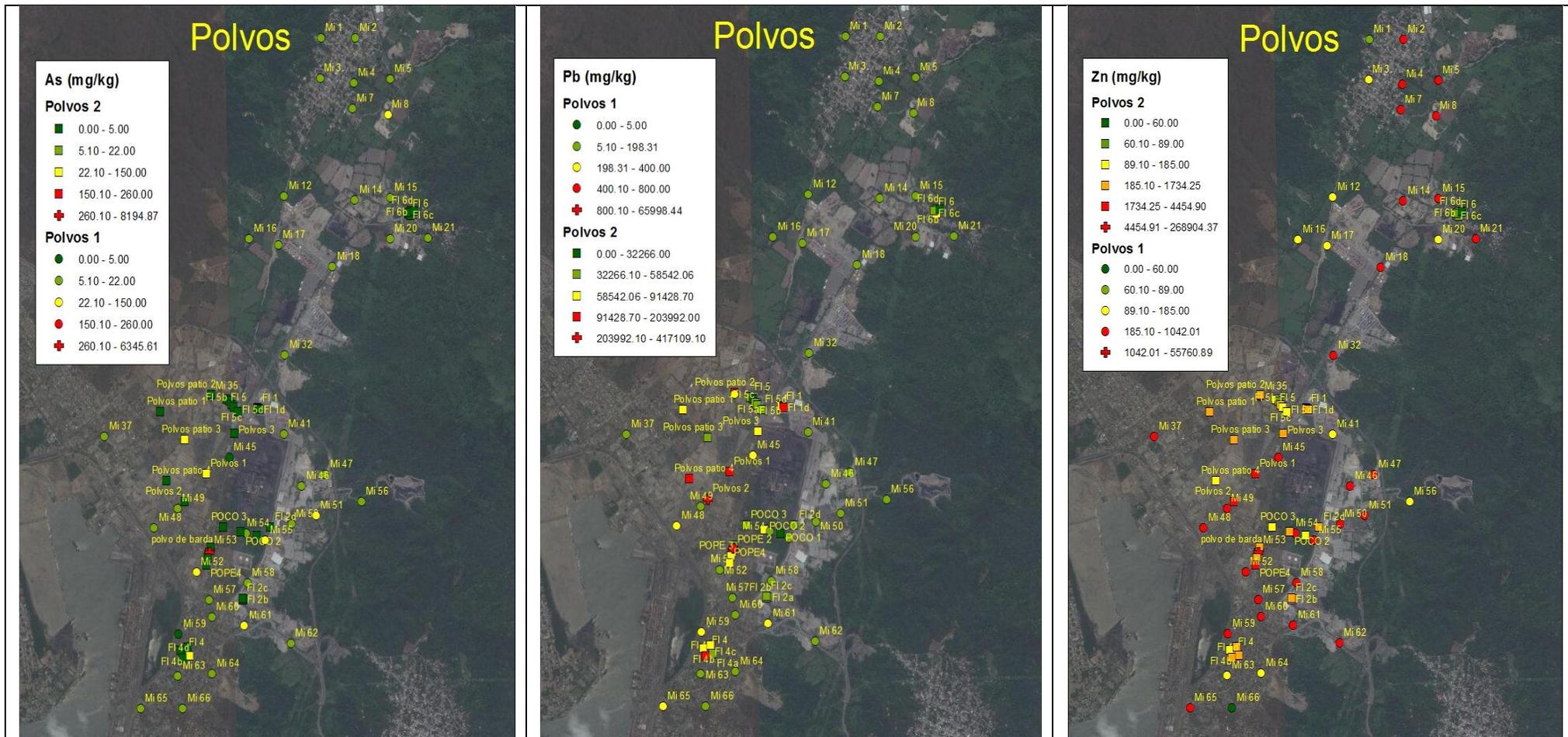


Figura 26. Gráfica comparativa entre las concentraciones de As, Pb y Zn y las zonas en muestras de polvo

En la Figura 27 se muestra la distribución y concentración de los elementos en polvos obtenidos de ambos muestreos.

En el caso del As se encontró que la muestra POPE 2 ubicada en la zona 3, presenta altas concentraciones de As (8194.88mg/Kg), el promedio de concentración de éste elemento en la zona es de 4124.25mg/Kg, observando que no se encuentra presencia de este elemento en otras zonas. Por otra parte, también se encontraron muestras con altas concentraciones de Pb (Polvo de barda 559362.15 mg/Kg) y en la zona 4 (Mi 45 416961.21mg/Kg), es decir que el número más grande de éste tipo de muestras se encuentran en la zona 3 con un promedio de 5077.59mg/Kg, identificando que estas concentraciones tan altas pueden indicarnos que en estas zonas se encuentran las fuentes de emisión de As y Pb, de igual manera identificando que se pueden estar acumulando polvos con esos elementos en las zonas 3 y 4. El Zn presenta una dispersión más notoria de muestras que lo contienen a comparación de los otros elementos; las muestras con altas concentraciones, se obtuvieron principalmente en el primer muestreo, observando que en el segundo se disminuyó la concentración de dicho elemento siendo de igual manera la zona 3 la de mayor muestras contaminadas



I. Concentraciones de As

II. Concentraciones de Pb

III. Concentraciones de Zn

Figura 27. Representación de las concentraciones de los elementos trazadores As, Pb y Zn en cada muestra de polvo por zona (I, II y III)

4.2.2. Análisis estadístico

El análisis estadístico fueron mediante ANOVA y DMS, los resultados se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9. Resultados de las pruebas ANOVA y DMS en las muestras de polvos

Prueba estadística	ANOVA		Diferencia mínima significativa	
Parámetro/ Resultado	Resultado ANOVA*	Conclusión	DMS	Conclusiones
As	$F_{cal} < F_{Cr}$	No existen diferencias significativas por zonas en la [As] $P(0.005)$	600 mg/Kg	<ul style="list-style-type: none"> La DMS para que la [As] media en cada una de las zonas se considera diferente a la [As] media de los valores de fondo es de 600 mg/Kg
Pb	$F_{cal} < F_{Cr}$	No existen diferencias significativas por zonas en la [Pb] $P(0.005)$	5955mg/Kg	<ul style="list-style-type: none"> La DMS para que la [Pb] media en cada una de las zonas se considera diferente a la [Pb] media de los valores de fondo es de 5955 mg/Kg
Zn	$F_{cal} < F_{Cr}$	No existen diferencias significativas por zonas en la [Zn] $P(0.005)$	5252mg/Kg	<ul style="list-style-type: none"> La DMS para que la [Zn] media en cada una de las zonas se considera diferente a la [Zn] media de los valores de fondo es de 5252 mg/Kg

* F_{cal} : F calculada (con valores experimentales), F_{Cr} : F crítica (valores de tablas)

Al realizar el análisis estadístico, se encontró que las concentraciones de los elementos trazadores de las muestras de polvos, no tienen diferencias significativas entre las zonas e indican que la contaminación está situada en puntos específicos; la DMS nos indica que para que las concentraciones de los elementos se consideren diferentes a los valores de fondo tienen que ser mayores a: para As 600mg/Kg, Pb 5955mg/Kg y Zn 5252mg/Kg.

En las muestras de polvo se puede observar que las zonas más afectadas con concentraciones elevadas de As, Pb y Zn son las 3 y 4, destacando que el Zn es elemento que sobrepasa los valores en exceso. Se puede observar que existe un aumento en comparación al tiempo, es decir se pueden acumular los elementos conforme pasan las épocas del año, provocando un aumento en las concentraciones de los elementos potencialmente tóxicos.

4.3. Sedimentos

Para el caso de los sedimentos, se tomaron muestras en los tres muestreos debido a que se quería comparar las concentraciones de los elementos potencialmente tóxicos en diferentes épocas de año, y determinar si existe alguna

diferencia en concentraciones de los elementos trazadores debido a diferencias climáticas.

4.3.1. Concentración de elementos potencialmente tóxicos

Los resultados de los análisis de FRX de los sedimentos ubicados en los arroyos “La Tigra” y “Pancho Villa” se muestran a continuación en las Tablas 12 a 14, divididos por muestreo. En el caso de este tipo de matriz se tomaron muestras de fondo para cada muestreo.

En las Figura 28 (II y III) se muestra la localización de las muestras de los sedimentos tomadas en los tres muestreos y la localización de algunos arroyos y efluentes cercanos a la planta. En la Figura 28 (I) se observa la distribución de los valores de fondo.

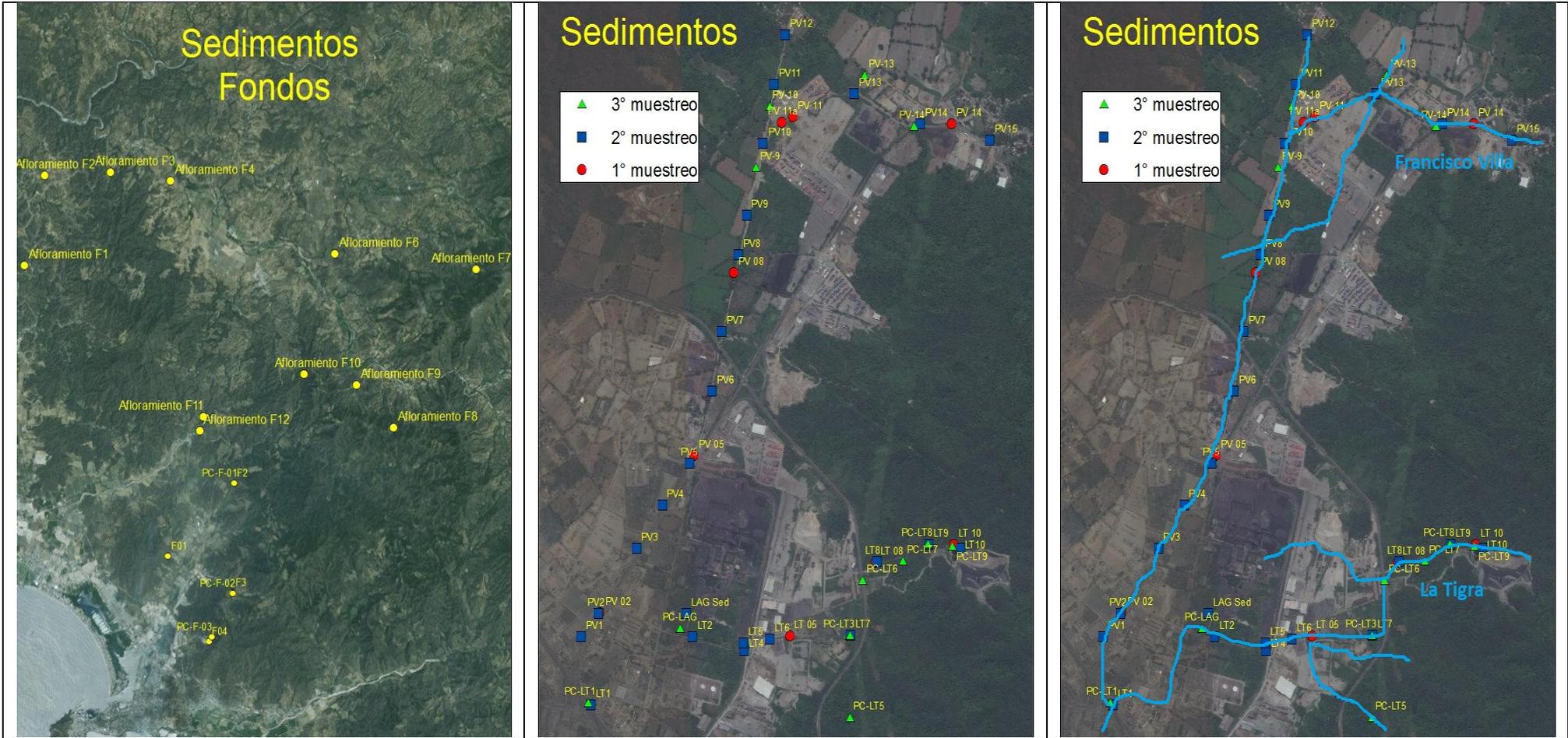
Primer muestreo

En el primer muestreo no se tomaron muestras de la zona 3 y la zona 5, debido a la accesibilidad de los puntos en este muestreo.

Tabla 10. Promedio de las concentración de los elementos trazadores en los sedimentos del primero muestreo por cada zona

zona	As	Pb	Zn
	mg/Kg		
0	<L.D.	4.75	<L.D.
1	<L.D.	10.08	<L.D.
2	16.54	17.76	80.06
4	<L.D.	51.22	160.87

En la Tabla 10 y Figura 29, se puede observar que en los valores de fondo las concentraciones de As y Zn son menores al límite de detección del equipo FRX; sin embargo, se determinó una concentración de Pb de 4.75mg/Kg, lo que indica que en la zona existe una fuente natural de Pb. Al ser comparadas las concentraciones de éstos elementos con los valores de fondo se observa que en la zona 2 se encuentran los tres elementos en concentraciones mayores, mientras que la zona 4 no presentó evidencia de la existencia de As.



I. Muestras tomadas en valores de fondo de sedimentos

II. Muestras de sedimentos tomadas en la zona de influencia

III. Localización de algunos arroyos y efluentes del área de estudio

Figura 28. Localización de las muestras de sedimentos en los valores de fondo y las demás zonas para los tres muestreos (I, II y III)

Por lo tanto se determina se tienen concentraciones de Pb y Zn tanto en las zonas 2 y 4 y es ésta última la que contiene la mayor cantidad de dichos elementos pero sin presencia de As.

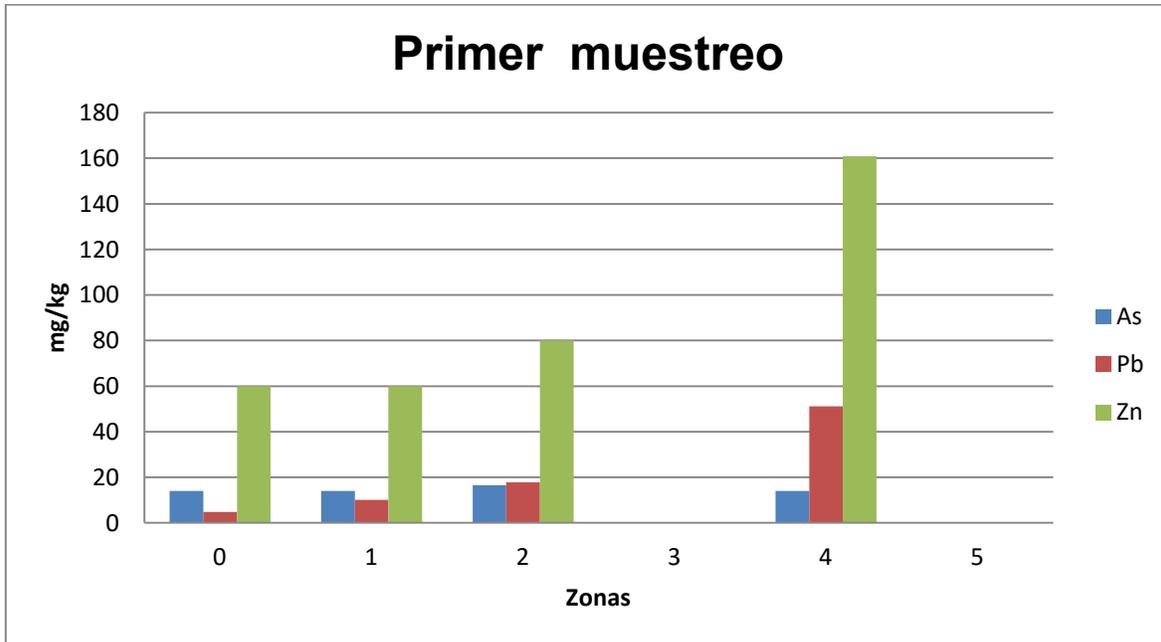


Figura 29. Gráfica de las concentraciones de As, Pb y Zn por zona en el primer muestreo

Segundo muestreo

En el segundo muestreo, realizado en junio, se tomaron muestras del arroyo “La Tigra” que se encuentran en las zonas 1 a 5, para determinar si existe alguna influencia en las concentraciones de los elementos trazadores.

Tabla 11. Promedio de las concentración de los elementos trazadores en sedimentos del segundo muestreo de la matriz de sedimentos por cada zona

zona	As	Pb	Zn
	mg/Kg		
0	<L.D.	39.64	72.97
1	<L.D.	41.11	161.52
2	18.49	27.30	148.19
3	<L.D.	2393.47	6554.71
4	<L.D.	154.16	327.31
5	<L.D.	567.47	880.76

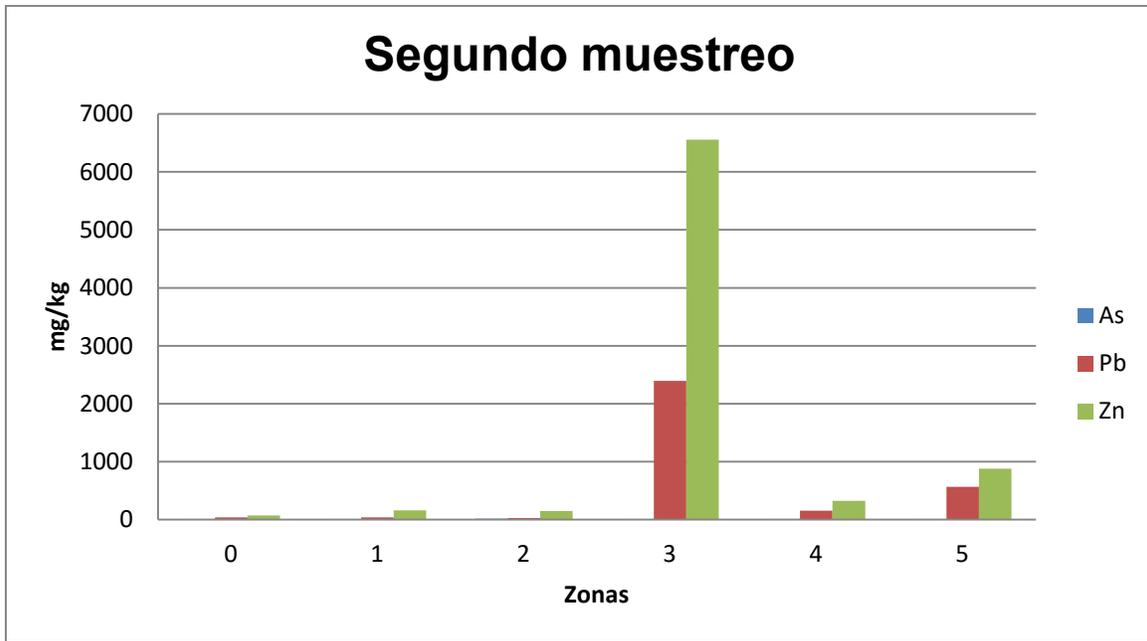


Figura 30. Gráfica de las concentraciones de As, Pb y Zn por zona en el segundo muestreo

En la Tabla 11 y Figura 30, se encuentran los promedios de las concentraciones de los elementos trazadores determinados por FRX; como se mencionó, se tomaron valores de fondo diferentes al primer muestreo. Se puede observar que en las muestras de valores de fondo del segundo muestreo se tienen concentraciones más altas de Pb y Zn; al ser comparados con las demás zonas, se puede determinar que de igual forma que el muestreo anterior, se tienen valores mayores que la zona 0 en As para la zona 2, siendo la única zona en la que se encuentra éste elemento en los sedimentos. En el caso de Pb y Zn, se observa que se tienen altas concentraciones en las zonas 1 a 5, siendo la 3 la que contiene concentraciones mayores.

Tercer muestreo

El tercer muestreo fue realizado en octubre, en éste caso no se tomaron muestras de la zona 3 debido a que se quiso determinar si los elementos potencialmente tóxicos eran arrastrados de otro extremo del arroyo “La Tigra”, ubicado en la zona 2. De igual manera que los muestreos anteriores, se tomaron valores de fondo para los sedimentos.

Tabla 12. Promedio de concentración de los elementos trazadores en el tercer muestreo de la matriz de sedimentos por cada zona

zona	As	Pb	Zn
	mg/Kg		
0	<L.D.	12.69	74.12
1	<L.D.	7.14	77.78
2	<L.D.	14.66	87.57
4	231.36	3448.92	10430.60
5	34.82	843.68	1272.08

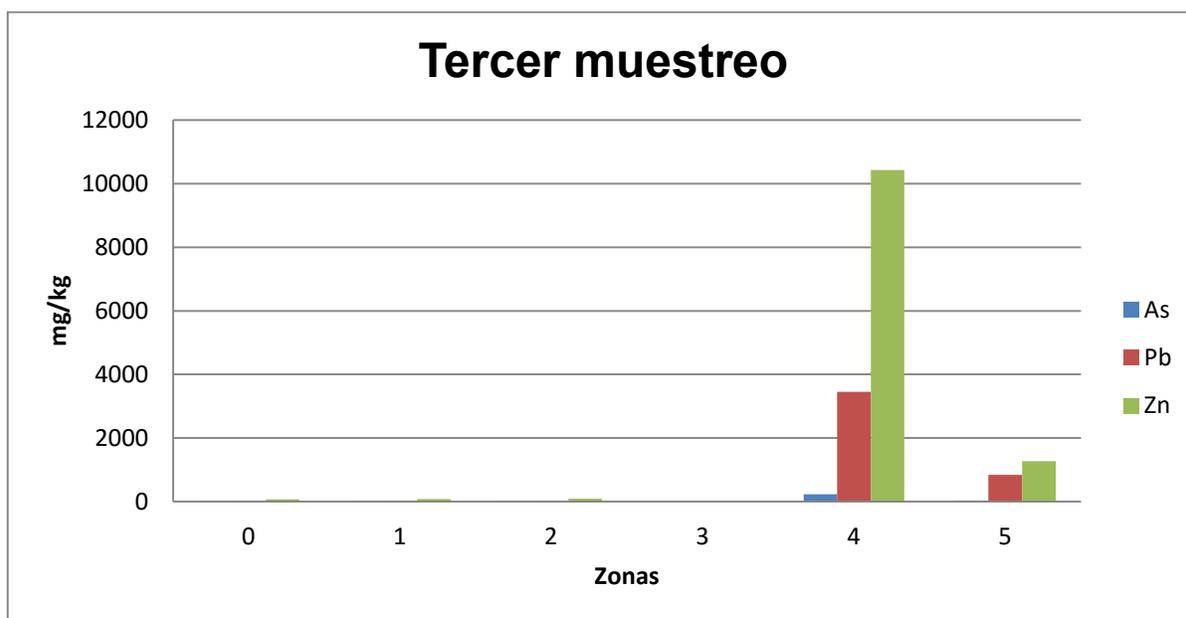


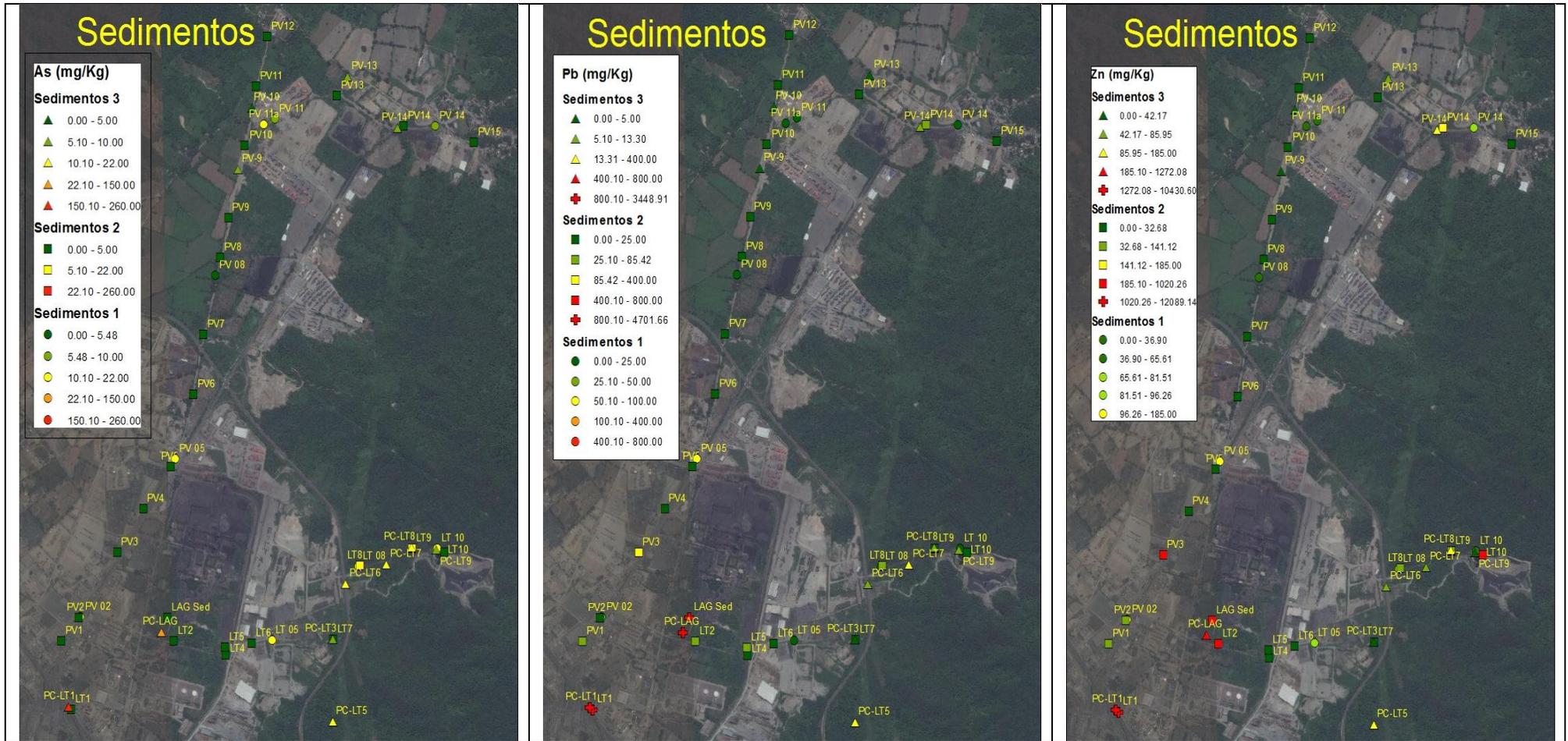
Figura 31. Gráfica de las concentraciones de As, Pb y Zn por zona en el tercer muestreo

En la Tabla 12 y Figura 31, se muestran las concentraciones de los elementos trazadores del tercer muestreo, notando que al igual que el muestreo anterior contienen concentraciones de As, Pb y Zn menores al límite de detección. En la zona 1, se puede determinar una disminución de la concentración de Pb y un pequeño aumento del Zn, al observar los valores de la zona 2 se observa un aumento en las concentraciones de Pb y Zn; sin embargo el As es menor al límite de detección en las zonas 0 a 2. En las zonas 4 y 5 se determinaron los valores más altos en las concentraciones de los tres elementos, nótese que son muy elevadas éstas cantidades a comparación de las demás zonas sobre todo con la zona 0, pudiendo determinar que en estas zonas puede existir alguna fuente de contaminación que contenga estos elementos. Posiblemente se puede deber a la

acumulación de materiales al paso del arroyo pudiendo depender de las condiciones climáticas del sitio de estudio.

En la Figura 32 (I, II y III), se presentan mapas los cuales se pueden comparar entre sí, para la ubicación de las muestras con altas concentraciones de los elementos trazadores. Se puede observar que no se tienen altas concentraciones de As, Pb y Zn en la zona 1, ya que no existe fuente de contaminación aguas arriba, sin embargo en las zonas 4 y 5 localizadas en la zona urbana y pasando dentro de la planta peletizadora si se observa presencia de Pb y Zn principalmente.

Observando los mapas anteriores en la Figura 32, se determinó que existen muestras que tienen altas concentraciones de As y Pb, LT1, la descarga de los dos arroyos ubicada en la zona 4, y Lag Sed y PC-Lag proveniente de la zona 5 dentro de la planta. Para el Zn se identificaron muestras adicionales que contienen altas concentraciones de este elemento siendo PV3 ubicada en la zona 4, LT2 en la zona 3 y LT10 de la zona 2; observando la ubicación de cada muestra se nota que este elemento se encuentra más disperso en los arroyos, lo que nos puede indicar que existen varias fuentes cercanas a ellos que provocan éstas concentraciones y mediante los cauces del arroyo se van acumulando o dispersando.



I. Concentraciones de As

II. Concentraciones de Pb

III. Concentraciones de Zn

Figura 32. Representación de las concentraciones de los elementos trazadores As Pb y Zn en cada muestra de sedimento por zona (I, II y III)

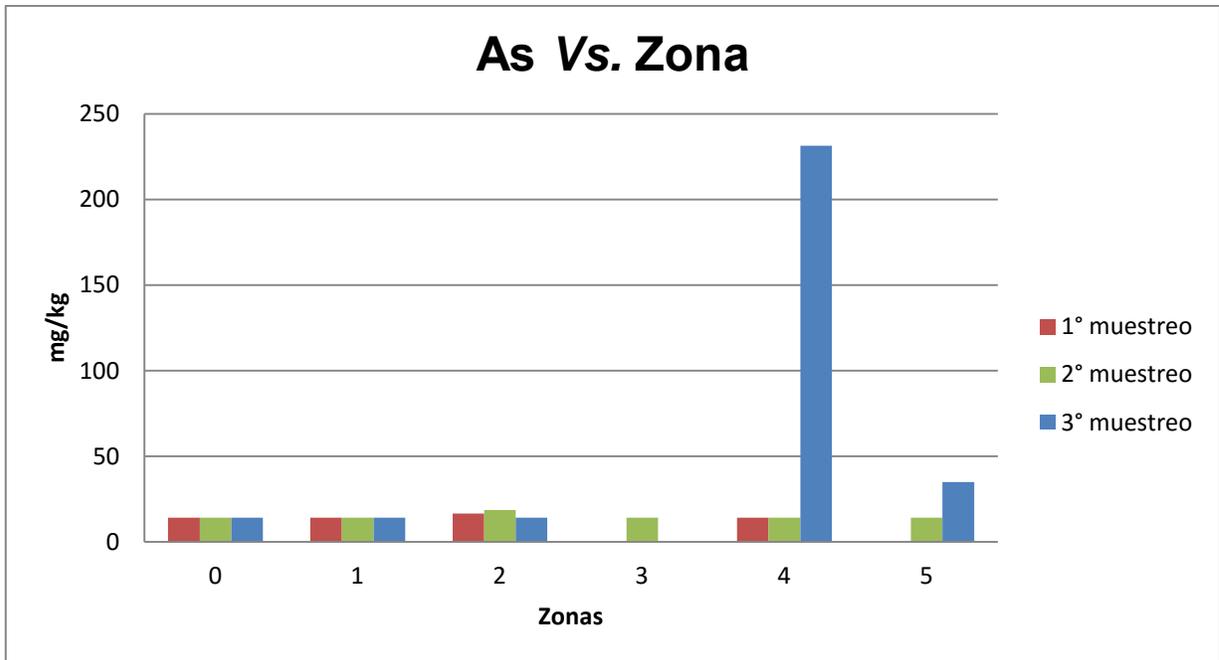


Figura 33. Gráfica de las concentraciones de As por zona para cada muestreo

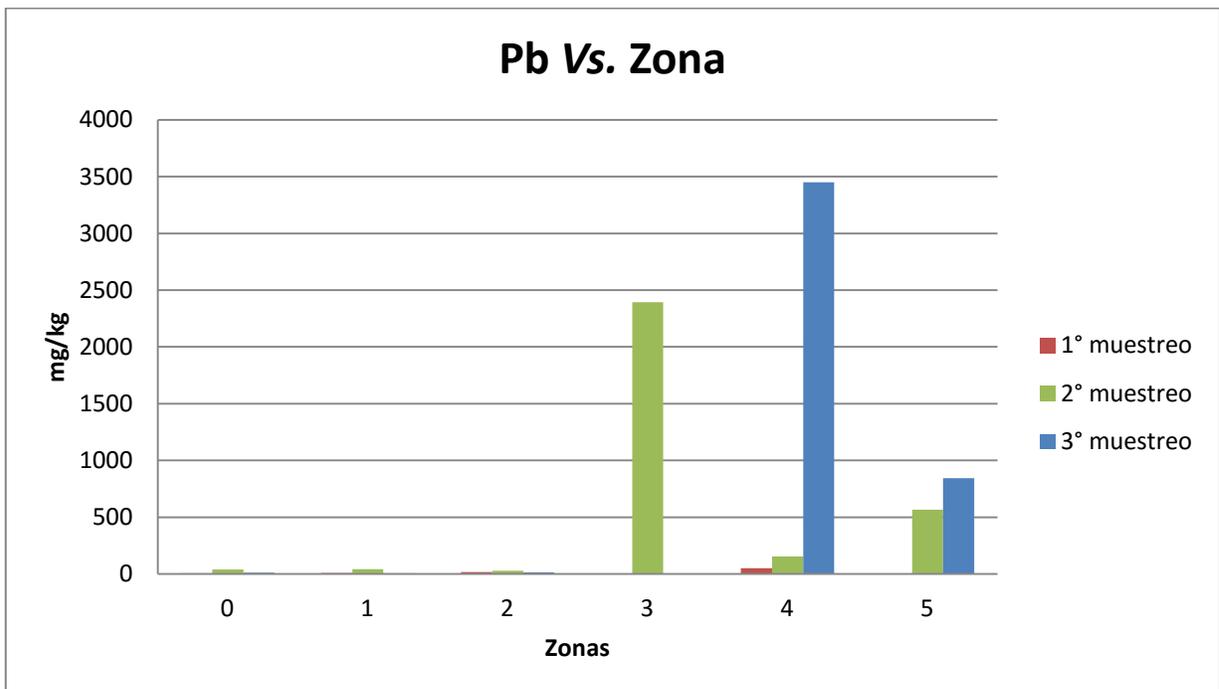


Figura 34. Gráfica de las concentraciones de Pb por zona para cada muestreo

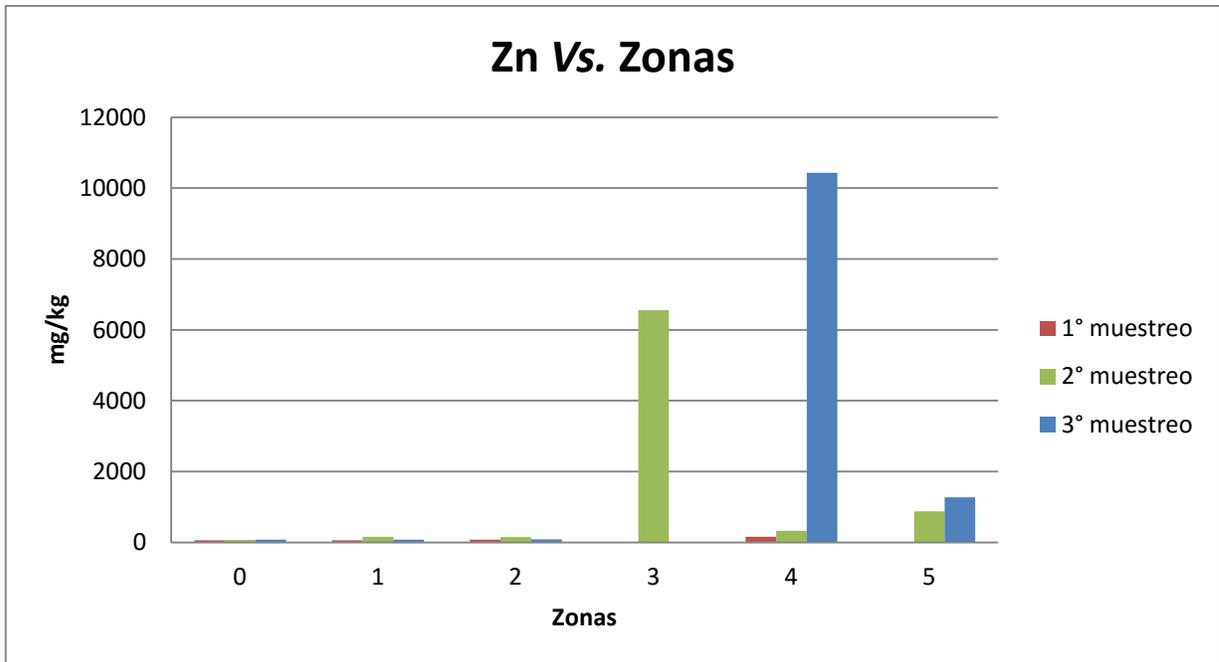


Figura 35. Gráfica de las concentraciones de Pb por zona en para cada muestreo

En las Figuras 33 a 35 se grafican las concentraciones de elementos trazadores, obtenidos en los tres muestreos por zonas, se puede determinar que aumentaron las concentraciones de los elementos en las zonas 3, 4 y 5; ya que las matrices son sedimentos, esto nos puede indicar que conforme cambian las condiciones climáticas de cada época del año se van acumulando los elementos, teniendo al final concentraciones muy elevadas en zonas específicas del área de estudio.

Es importante mencionar que antes de realizar el tercer muestreo, se realizaron obras para entubar los arroyos, por lo cual fue imposible tomar muestras de la zona 3 para la comparación de estos elementos por zona por muestreo.

4.3.2. pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica

Primero, segundo y tercer muestreo

Se realizaron los análisis de pH, potencial y conductividad de todas las muestras de sedimentos, para poderse realizar una comparación de estos resultados en cuanto a las diferencias climáticas y determinar si existe alguna alteración de éstas propiedades.

Tabla 13. Promedio de comparación de pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica de las muestras de sedimentos por zona

zona	pH			(Ag/AgCl*) mV			C.E. μS/cm		
	1°M ¹²	2°M	3°M	1° M	2°M	3°M	1° M	2°M	3°M
0	8.49	6.81	4.93	115.77	210.34	33.72	60.55	54.08	132.56
1	7.52	6.69	5.38	141.88	139.09	36.99	141.88	47.50	136.07
2	6.63	6.72	6.07	167.18	200.42	22.01	167.18	255.41	471.18
3		7.45			122.93			204.11	
4	6.30	6.48	6.80	131.78	153.31	12.73	131.78	63.91	278.00
5		6.73	5.50		124.40	54.70		1586.65	2350.00

Con los resultados de los análisis que se encuentran en la Tabla 13, se puede revisar si existen diferencias en los parámetros fisicoquímicos de las zonas con la época del año. Se puede observar que en el caso de pH y potencial eléctrico van descendiendo los valores y la conductividad va aumentando al cambiar las condiciones climáticas de nuestra área de estudio como por ejemplo la disolución de iones por la acción de agua. También se han identificado que la zona 4 y 5 son las que difieren más en comparación de los valores de fondo, pudiendo ser una de las causas de la alteración de las propiedades químicas de los sedimentos alguna sustancia o elementos provenientes del basurero municipal, ya que se encuentra cerca del arroyo “La Tigra” y éste a su vez en las zonas afectas.

¹² 1°M, 2°M y 3°M: Se refiere a los muestreos realizados en el diagnóstico ambiental

4.3.3. Análisis estadístico

En la Tabla 14 se muestra el análisis estadístico realizado el primer muestreo, posteriormente en la Tabla 15 de la comparación de los tres muestreos en los sedimentos, así poder determinar el comportamiento de las concentraciones de As, Pb y Zn.

Primer muestreo

Tabla 14. Resultados de las pruebas ANOVA y DMS en las muestras de sedimentos para el primer muestreo

Prueba estadística	ANOVA		Diferencia mínima significativa (DMS)		
	Parámetro/ Resultado	Resultado ANOVA*	Conclusión	DMS	Conclusiones
As		$F_{cal} > F_{Cr}$	Existen diferencias significativas por zonas en la [As] $P(0.05)$	2.4 mg/Kg	<ul style="list-style-type: none"> Las [As] de las zonas 1, 2 y 4 significativamente son mayores los valores de fondo La [As] se puede considerar significativa diferente en todas las zonas
Pb		$F_{cal} > F_{Cr}$	Existen diferencias significativas por zonas en la [Pb] $P(0.05)$	6.06 mg/Kg	<ul style="list-style-type: none"> Las [Pb] de la zona 1 no difiere de forma significativa de la zona de fondo. Las [Pb] de las zonas 2 y 4 significativamente mayores de los valores de fondo.(2<4)
Zn		$F_{cal} > F_{Cr}$	Existen diferencias significativas por zonas en la [Zn] $P(0.05)$	25.93 mg/Kg	<ul style="list-style-type: none"> Las [Zn] en las muestras de las zonas 1 y 2 no difieren de forma significativa con los valores de fondo La [Zn] en las muestras de la zonas 4 son significativamente mayores que la zona de fondo y de las zonas 1 y 2.

* F_{cal} : F calculada (con valores experimentales), F_{Cr} : F crítica (valores de tablas)

Junto con el análisis estadístico de ésta matriz, en la Tabla 14, se determinó que las concentraciones de As son significativamente diferentes de los valores de fondo en toda la zona de influencia. Las altas concentraciones de Pb son significativamente mayores en la zonas 2 y 4, situándola en sitios específicos de dichas zonas. En cuanto el Zn, se observa que la zona 4 es la cual difiere significativamente de las demás, determinando de igual forma que la contaminación se encuentra en lugares específicos.

Tabla 15. Resultados de las pruebas ANOVA y DMS del comparativo de los tres muestreos en las muestras de sedimentos

Prueba estadística	ANOVA		Diferencia mínima significativa (DMS)	
Parámetro/ Resultado	Resultado ANOVA*	Conclusión	DMS	Conclusiones
As	$F_{cal} < F_{Cr}$	<ul style="list-style-type: none"> Hay diferencias significativas entre los grupos $P(0.05)$ 	16.56 mg/Kg	<ul style="list-style-type: none"> La [As] del M1 y M2 no difieren de forma significativa. La [As] de M1 y M2 difieren de forma significativa con M3. La media de la [As] de las muestras del M3 es mayor a la media de las muestras en M1 y M2
Pb	$F_{cal} < F_{Cr}$	<ul style="list-style-type: none"> Estadísticamente no hay diferencias significativas entre los grupos $P(0.05)$ 	441.85 mg/Kg	Estadísticamente con la población de los datos la DMS para que se puedan considerar diferentes es 441.85mg/Kg (al 95% de confianza)
Zn	$F_{cal} < F_{Cr}$	<ul style="list-style-type: none"> Estadísticamente no hay diferencias significativas entre los grupos $P(0.05)$ 	1188.1 mg/Kg	Es la diferencia mínima significativa entre el valor de las medias para que se puedan considerar distintas.

* F_{cal} : F calculada (con valores experimentales), F_{Cr} : F crítica (valores de tablas)

En la Tabla 15, se realizó un análisis estadístico de los resultados analíticos, para comparar los resultados de los tres muestreos para la identificación de los posibles sitios específicos donde se puedan encontrar las altas concentraciones de los elementos trazadores y determinar si es posible las fuentes de contaminación.

De esta forma se puede concluir que las concentraciones de los elementos trazadores As, Pb y Zn en los sedimentos aumentan del muestreo conforme se realizaron los muestreos (1<2<3), es decir que en el tercer muestreo se encuentran las concentraciones más altas de los elementos; es importante notar que son sitios específicos donde ese encuentran estas concentraciones mayores. Estos sitios específicos ubicados en arroyo "La Tigra" donde agua arriba se encuentra el basurero municipal.

4.4. Follaje

Como se mencionó se estudió el follaje como una forma indirecta de conocer la influencia de los polvos en el aire. Los resultados del análisis estadístico con la comparación entre las zonas para las muestras de follaje de los tres elementos trazadores se muestran a continuación en la Tabla 16.

En la Figura 36(i y II), se observan los mapas de ubicación de las muestras tomadas de follaje, en la Figura 36 (I) se encuentran los follajes tomados en los sitios correspondientes a los valores de fondo y las muestras en la zona de influencia provenientes del primer muestreo, cabe mencionar que se tomaron muestras de esta matriz en los cuatro puntos cardinales de la planta peletizadora, zona 5, para determinar si el aire se ve afectado por la producción de algún elemento potencialmente tóxico proveniente de la planta

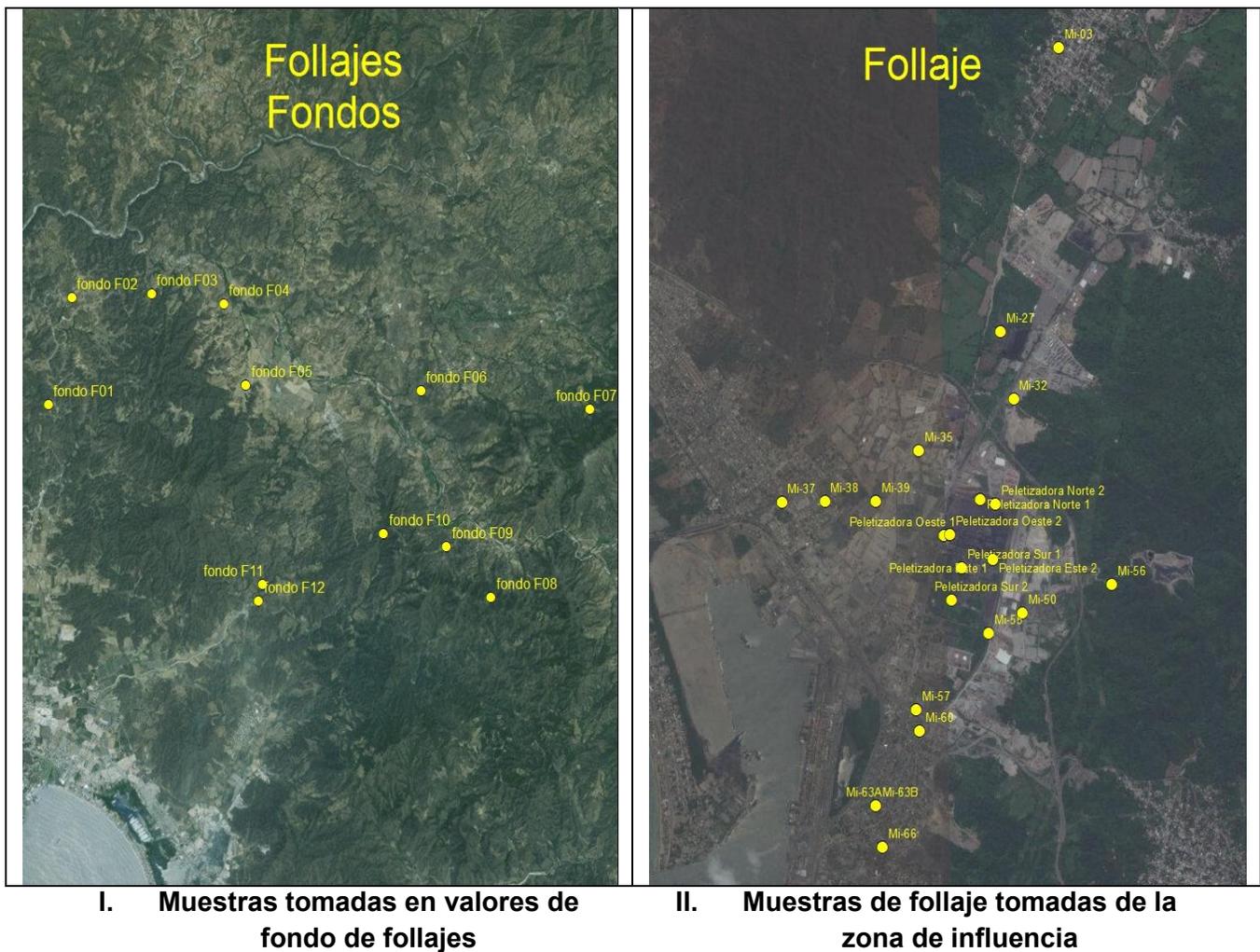


Figura 36. Localización de las muestras tomadas de los follajes en las diferentes zonas del área de estudio (I y II)

4.4.1. Concentración de elementos potencialmente tóxicos

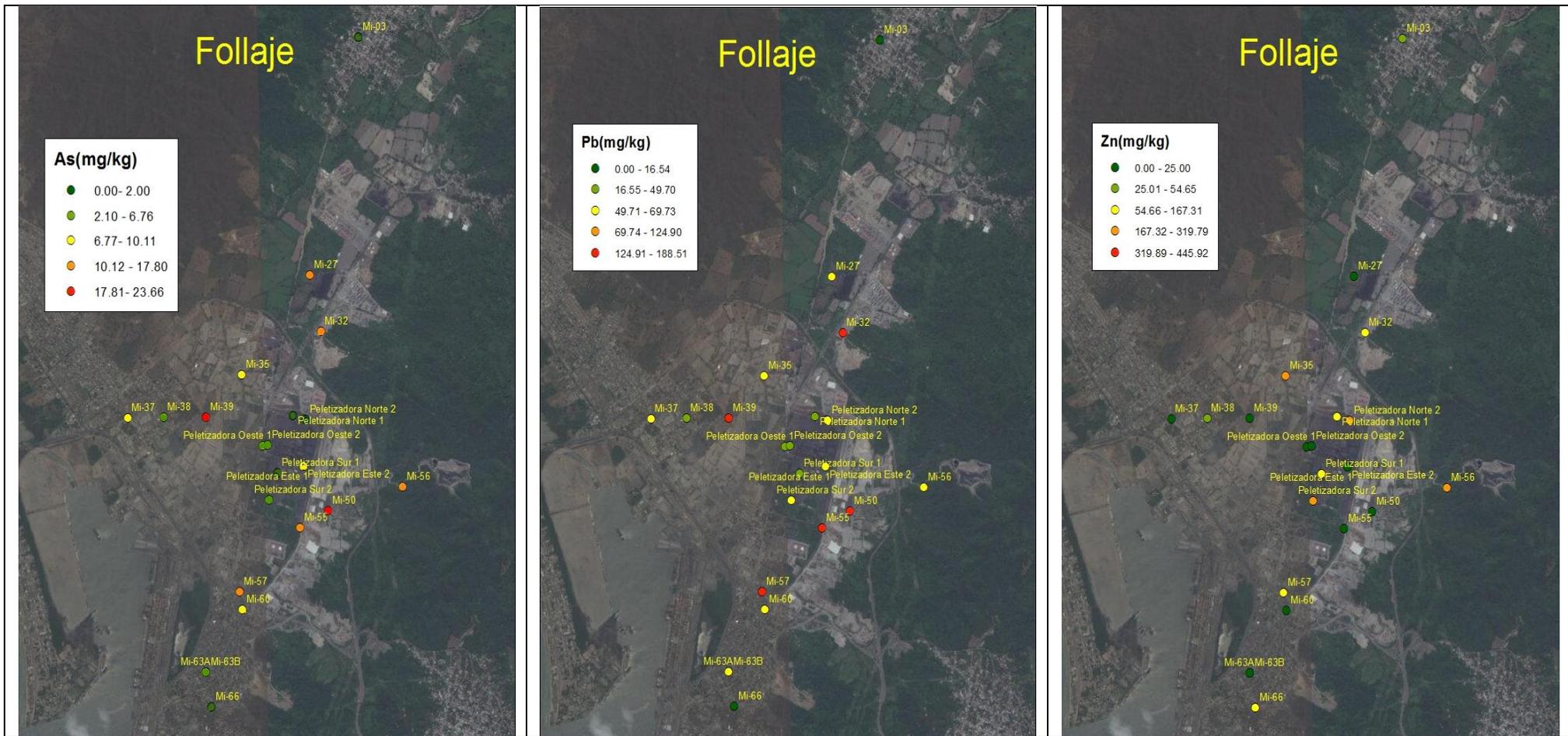
Para ésta matriz, se realizaron solamente análisis de FRX para observar si se obtenía alguna información del polvo que los follajes captan debido al movimiento del viento.

Tabla 16. Promedio de las concentraciones de los elementos trazadores muestras en follaje por zona

zona	As	Pb	Zn
	mg/Kg		
0	<L.D.	6.65	<L.D.
1	<L.D.	38.61	109.36
2	19.50	123.89	462.37
3	<L.D.	87.79	250.40
4	<L.D.	97.65	210.35
5	<L.D.	58.83	97.77

Como se observa en la Tabla 18, las muestras de follaje para los elementos trazadores (As, Pb y Zn) sobrepasan las concentraciones de los valores de fondo en las diferentes zonas. El As sólo se encuentra presente en la zona 2, es la que contiene en general concentraciones más altas con respecto a las otras zonas. En cuanto las muestras de las zonas urbanas y dentro de la planta que contienen Pb y Zn, son mayores con respecto al valor de fondo, identificando que posiblemente estos elementos en la zona urbana se puedan estar captando por el paso del transporte o el movimiento de los polvos que contienen dichos elementos. Dentro de la planta (zona 5) la concentración de Pb y Zn son menor que en las zonas de influencia por lo que se concluye que la presencia de As, Pb y Zn son evidencia de contaminación de fuentes externas y la mayor concentración se encuentra en la zona 2.

En la Figura 37 (I, II y III) se observan los mapas con las localizaciones de cada muestra tomada de follaje y los valores de concentración en el área de influencia, se observa que se encuentran muestras con concentraciones de As mayores al valor de fondo, identificadas en las zonas 1 y 2; para el Pb se identificaron muestras localizadas en las cuatro zonas determinando que éste elemento se está dispersando mediante el viento ya que se localiza en toda el área de influencia, pudiendo provenir del transporte terrestre de vehículos pesados utilizados por la zona industrial, urbana y/o de la producción de mineral o elementos que contengan dicho metal. En caso del Zn se observan que existen muestras con muy altos contenidos de él, observando que si se puede dispersar mediante el viento siendo el elemento que más captan los follajes en comparación al As y Pb.



I. Concentraciones de As

II. Concentraciones de Pb

III. Concentraciones de Zn

Figura 37. Distribución de las concentraciones de los elementos trazadores As, Pb y Zn en muestras de follaje por zona (I, II y III)

4.4.2. Análisis estadístico

En el análisis de resultado se llevaron a cabo la prueba ANOVA y DMS, el resumen se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17. Resultados de las pruebas ANOVA y DMS en las muestras de follaje

Prueba estadística	ANOVA		Diferencia mínima significativa (DMS)		
	Parámetro/ Resultado	Resultado ANOVA*	Conclusión	DMS	Conclusiones
As		$F_{cal} > F_{Cr}$	Existen diferencias significativas por zonas en la [As] $P(0.05)$	3.91 mg/Kg	<ul style="list-style-type: none"> Las [As] de las zonas 1 y 5 no difieren significativamente del valor de fondo Las [As] de las zonas 2 a 4 son significativamente mayores de la [As] de la zona de fondo. La [As] aumenta en este orden zona 2 > (zona 3 semejante zona 4)
Pb		$F_{cal} > F_{Cr}$	Existen diferencias significativas por zonas en la [Pb] $P(0.05)$	34.29mg/Kg	<ul style="list-style-type: none"> Las [Pb] de la zona 1 no difiere de forma significativa de los valores de fondo. Las [Pb] de las zonas 2 a 5 son significativamente mayores a los valores de fondo La [Pb] aumenta en este orden zona 2 > (zona 3 semejante zona 4) > zona 5
Zn		$F_{cal} > F_{Cr}$	Existen diferencias significativas por zonas en la [Zn] $P(0.05)$	94.03mg/Kg	<ul style="list-style-type: none"> Las [Zn] en las muestras de las zonas 1 y 5 no difieren de forma significativa con los valores de fondo Las [Zn] de las zonas 2 a 4 son significativamente mayores de la [As] de la zona de fondo. La [Zn] aumenta en este orden zona 2 > (zona 3 semejante zona 4)

* F_{cal} : F calculada (con valores experimentales), F_{Cr} : F crítica (valores de tablas)

Para el análisis estadístico se encontró que las concentraciones de As y Zn de las zonas 1 y 5 no difieren de forma significativa con los valores de fondo, siendo las concentraciones que si difieren las zonas 2 a 4, indicando que la mayor

concentración se encuentra en la zona 2 y la zona 3 y 4 son semejantes. Las concentraciones de Pb, no difieren significativamente de las concentraciones de la zona 0, siendo las zonas que si difieren de la 2 a la 5. Tomando en cuenta que la zona con altas concentraciones es la 2 y las menores 5, 3 y 4 son semejantes entre sí.

4.5. Minerales

Los minerales son las posible fuentes de contaminación por lo que se tomaron tanto muestras de las fuentes internas, dentro de la planta peletizadora y fuentes externas, otras industrias o patios que puedan contener o producir minerales. Debido a que ciertos minerales no estaban al alcance del muestreador algunos fueron entregados por el cliente.

En la Figura 38 se muestra la distribución de las muestras de minerales obtenidas en los tres muestreos.

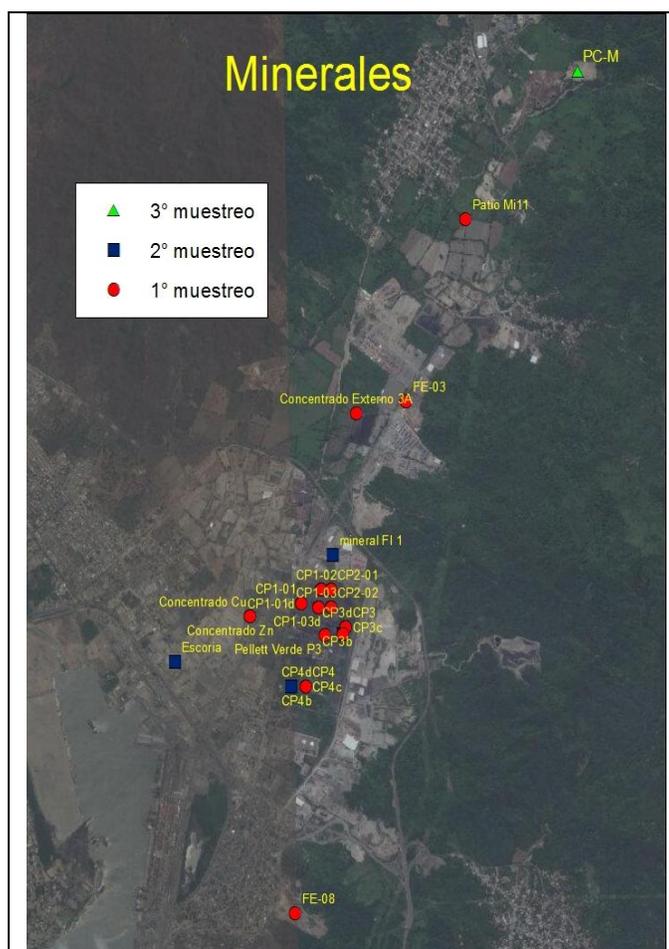


Figura 38. Localización de las muestras tomadas de minerales en las diferentes zonas del área de estudio

4.5.1. Concentración de los elementos potencialmente tóxicos

Primero, segundo y tercer muestreo

Se analizaron las muestras de minerales mediante FRX, tomando en cuenta que los minerales son explotados de yacimientos, para los valores de fondo de esta matriz se tomaron los afloramientos en el primer muestreo.

Tabla 18. Promedio de la concentración de los elementos trazadores muestras de minerales de los tres muestreos por zonas

zona	As			Pb			Zn		
	mg/Kg								
	1°M ¹³	2°M	3°M	1°M	2°M	3°M	1°M	2°M	3°M
0	<L.D. ¹⁴	<L.D.	<L.D.	4.75	4.75	4.75	<L.D.	<L.D.	<L.D.
1	<L.D.		<L.D.	159.87		146.07	<L.D.		<L.D.
3	<L.D.			<L.D.			<L.D.		
4	22,088.12	1263.00		233,588.26	749.55		116,152.07	9,302.33	
5	<L.D.	<L.D.		235.74	298.28		<L.D.	<L.D.	

En la Tabla 18 se muestran los resultados de las concentraciones de As, Pb, y Zn de los minerales de los tres muestreos. Se puede observar que los valores de fondo tienen concentración baja de Pb (4.75mg/Kg), menor al límite de detección de As y Zn. Al realizar la comparación de los minerales de las otras zonas, se observa que para el primer muestreo en la zona 4 se tienen altas concentraciones de los tres elementos siendo los valores promedio de: As (22,088.12mg/Kg), Pb (233,588.26mg/Kg) y Zn (116,152.07mg/Kg), tomando en cuenta que las concentraciones promedio de la misma zona en el segundo muestro son: As (1,263mg/Kg), Pb (749.55mg/Kg) y Zn (9,302.33mg/Kg), e informando que no se tuvo acceso a esa zona en el tercer muestreo. Se puede determinar que a pesar que las concentraciones del segundo muestreo son menores a comparación del primero, la zona 4 tiene los tres elementos y en muy altas concentraciones, permitiendo identificar que en esa zona se encuentra una fuente de emisión importante. En las Tablas 53 y 54 en el Anexo se encuentra que la las muestras con las altas concentraciones de los elementos que se encuentran en la zona son: Concentrado Pb, Concentrado Zn, Concentrado Cu.

Al observar las concentraciones de los minerales obtenidos dentro de la planta se encuentra que tienen cantidades mayores a los valores de fondo en el Pb, lo que nos puede indicar que los yacimientos que se están explotando para la empresa

¹³ 1°M, 2°M y 3°M: Se refiere a los muestreos realizados en el diagnóstico ambiental

¹⁴ <L.D.: Límites de detección del equipo Thermo Scientific Niton FXL x-ray fluorescence.
Arsénico: 14.5mg/Kg; Plomo: 3.7mg/Kg y Zinc: 61.1mg/Kg

contienen cantidades significativas de plomo, de igual forma con un mineral de la zona 1 que fue entregado por el cliente.

En los mapas que se presentan en la Figura 39 (I, II y III), se puede observar la distribución de las muestras de minerales en cada zona, así como la concentración de los elementos trazadores. Como se puede observar en la zona 5, planta peletizadora, no se encuentran altas concentraciones de As y Zn, como se había mencionado se tienen minerales de hierro con impurezas de plomo. Las concentraciones más altas de As, Pb y Zn, se encuentran en los minerales tomados de la zona 4 provenientes de empresas e industrias cercanas a la planta peletizadora.

4.5.2. pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica

Se realizaron estas pruebas analíticas para la determinación de las propiedades químicas de las muestras. Como ya se había mencionado, el mineral del tercer muestreo fue entregado por el cliente, la cantidad entregada no permitió realizar este tipo de análisis.

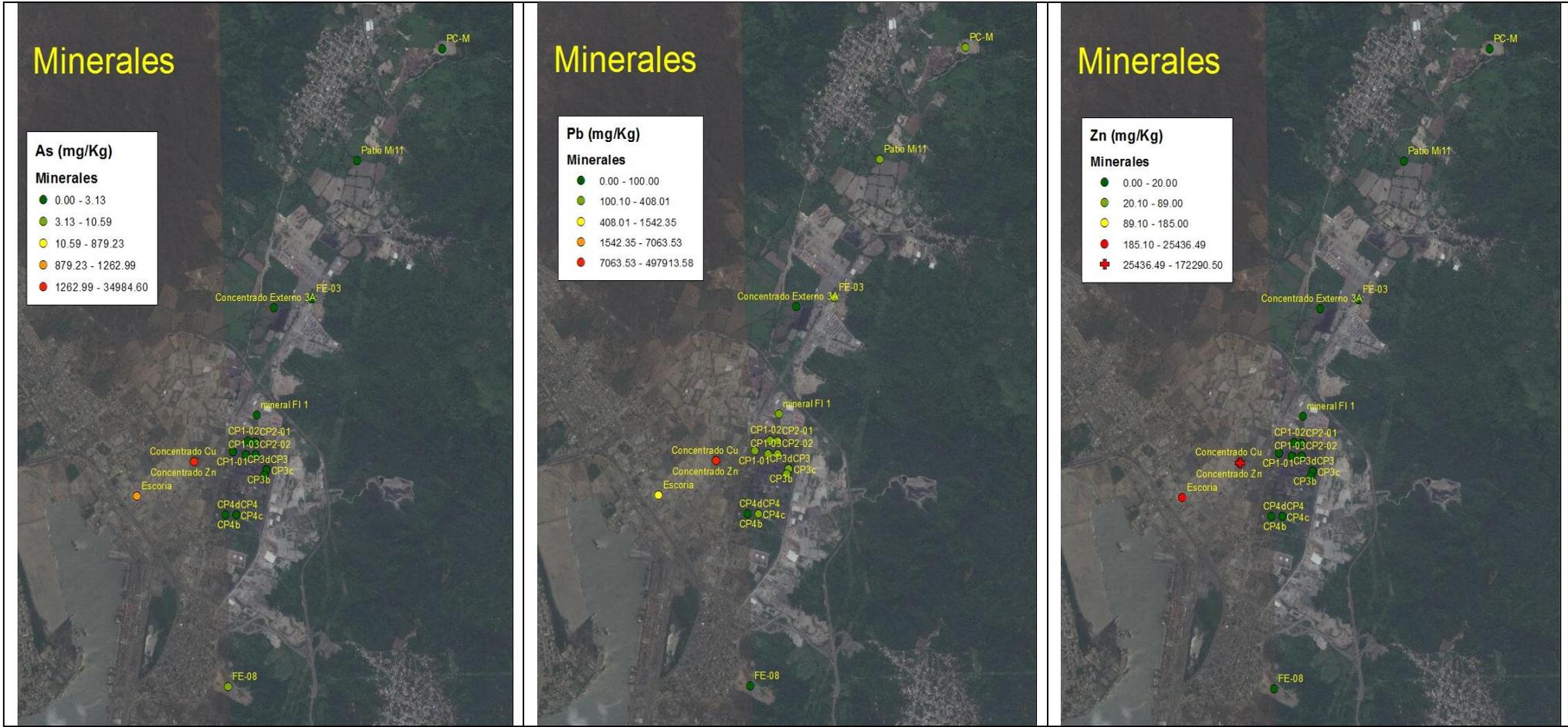
Primer y segundo muestreo

En la siguiente Tabla 19 se muestra un resumen de los resultados obtenidos de pH, potencial y conductividad eléctrica en los minerales recibidos y muestreados del primer y segundo muestreo

Tabla 19. Promedio de pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica de las muestras de minerales por cada zona

zona	pH		(Ag/AgCl*) mV		C.E. μS/cm	
	primero M	segundoM	primero M	segundoM	primero M	segundoM
0	8.49	8.49	115.77	115.77	60.55	60.55
1	6.58		400.93		539.30	
3	7.04		469.70		45.60	
4	6.11	7.20	154.15	183.37	1389.56	134.01
5	6.73	6.61	225.36	83.23	526.07	149.42

Los resultados de las pruebas de pH, potencial y conductividad, muestran diferencias en las propiedades fisicoquímicas en muestras de afloramientos en la zona de los valores de fondo, determinando que existen sustancias externas que pueden estar causando estos cambios de las propiedades medidas pero se cuenta con información suficiente que nos indique la naturaleza de las muestras



I. Concentraciones de As

II. Concentraciones de Pb

III. Concentraciones de Zn

Figura 39. Distribución de las concentraciones de los elementos trazadores As, Pb y Zn en cada muestra de minerales (I, II y III)

4.6. Arenas

Adicionalmente en el segundo muestreo, se muestrearon arenas de la playa situada al sur de la planta y las fuentes externas, para investigar una posible afectación o delimitar la distancia en la que se encuentra la afectación de los elementos potencialmente tóxicos y de los trazadores.

En el mapa anterior Figura 40, se muestra la ubicación de las muestras de arena, de la costa al sur de nuestra área de estudio, como se puede observar en la parte alta se tomaron las muestras cada 500m y mientras nos vamos acercando al sitio de estudio se tomaron cada 200m, para delimitar si existe alguna contaminación en la costa debida a la planta peletizadora.

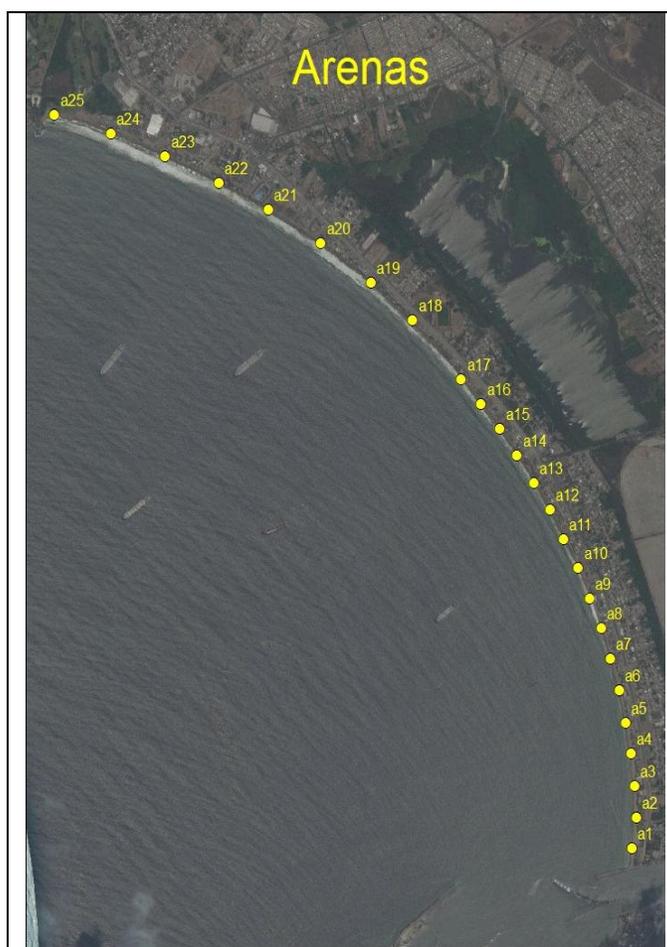


Figura 40. Localización de las muestras tomadas de arenas n la zona de influencia

4.6.1. Concentración de elementos potencialmente tóxicos

Se realizó el análisis de concentraciones totales por FRX de todas las muestras de arenas, las cuales se resumen en la Tabla 20.

Es importante recordar a que sólo se tomaron arenas en el segundo muestreo, no se pueden realizar comparaciones, de igual forma, las concentraciones de los elementos son bajas de tal forma que son menores a los límites de detección.

Tabla 20. Concentraciones de los elementos trazadores en muestras de arenas

zona	As	Pb	Zn
	mg/Kg		
Costa	<L.D.	<L.D.	<L.D.

Como se puede observar en la Tabla 20, no se tienen cantidades detectables de los elementos trazadores ni de algún elemento potencialmente tóxico, por lo que se puede determinar que en la playa del área de influencia no se han esparcido elementos que indiquen alguna afectación antropogénica.

4.6.2. pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica

De igual manera se realizaron estos análisis a las muestras de arena de tal forma que a continuación se muestran los resultados. En la Tabla 21, se pueden observar los resultados de las propiedades químicas de las muestras de arenas tomadas en el segundo muestreo, como se observa no se tienen indicios de contaminación en esta zona ya que los valores son los esperados para las muestras de arenas que poseen principalmente silicatos en su composición (Carranza E., Kasper Z., Rosales H., & et., 2009).

Tabla 21. Promedio de pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica de las muestras de arenas

zona	pH	(Ag/AgCl*)	C.E.
		mV	µS/cm
Costa	5.60	110.85	1023.82

5. Conclusiones

En las muestras de valores de fondo se encuentran los siguientes elementos As, Ba, Cr, Ca, Cu, Fe, K, Mn, Ni, Pb, Ti, V y Zn en ningún caso las concentraciones encontradas sobrepasan los límites permisibles establecidos en la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004.

En el análisis de resultado de las concentraciones totales de las muestras de suelo, polvo, follaje, minerales, sedimentos y arenas, se eligieron As, Pb y Zn como elementos trazadores de la contaminación.

En el caso de la matriz de suelo se encontró que las muestras que contienen concentraciones de los elementos trazadores que sobrepasan las concentraciones de los valores de fondo, están ubicadas en la zonas 3 (sur de la planta peletizadora) y zona 4 (oeste de la planta peletizadora).

Las concentraciones de As, Pb y Zn en algunas muestras de polvos, también sobrepasan las concentraciones de los valores de fondo, en el caso de As y Pb, dichas muestras se encuentran ubicadas en las zonas 3 y 4. El Zn se encuentra presente en toda la zona de influencia, pero se determinó que si bien las concentraciones en general no son significativamente elevadas, existen sitios indican algún tipo de contaminación puntual.

Las muestras de sedimentos de los arroyos “La Tigra” (sur de la planta) y “Pancho Villa” (oeste de la planta) de las zonas 2, 3 y 4 contienen concentraciones de As, Pb y Zn. En las muestras que se tomaron dentro la planta peletizadora, donde el arroyo “La Tigra” pasa, contiene altas concentraciones de Pb y Zn; cabe mencionar que agua arriba de éste arroyo se encuentra el basurero municipal (zona 2), el cual puede estar lixiviando estos elementos lo que indica que es posible que se arrastren por el mismo y ocurra el depósito y por ende altas concentraciones de los elementos.

La comparación de los muestreos de sedimentos, mostró que las concentraciones de los elementos identificados como trazadores, del tercer muestreo son considerablemente mayores a las de los dos primeros, lo cual indica una acumulación de As, Pb y Zn, debido a las lluvias, disolución o arrastre.

En las muestras de follaje, se determinó que existe captación de As, Pb y Zn en los árboles que se encuentran en la zonas 2, 3, 4 y 5; de tal forma que los polvos son transportados mediante el viento y el paso de vehículos pesados.

En relativo a los minerales las muestras colectadas dentro de la planta peletizadora contienen principalmente Fe (62%) y Pb (239.50mg/Kg). Los minerales con altas concentraciones de As, Pb y Zn son las muestras de fuentes

externas que se encuentran en la zona 4, provenientes de industrias cercanas a la planta.

Para las muestras de arena se determinó que no existe evidencia de concentraciones altas de elementos potencialmente tóxicos, en especial de los trazadores As, Pb y Zn.

Las zonas afectadas por la actividad antropogénica son las zonas 3 y 4.

En este diagnóstico ambiental de planta peletizadora y su zona de influencia se concluyó que existe afectación de suelos, polvos y sedimentos. La contaminación proviene de empresas e industrias aledañas, específicamente en las zonas 3 y 4; en cuanto a los follajes se identificó que las altas concentraciones se genera por flujo creciente de transportes debido al incremento industrial en esas zonas. El caso de los sedimentos de “La Tigra”, se pudo identificar como posible fuente de contaminación el basurero municipal que se encuentra aguas arriba de la planta peletizadora, provocando que se lixivien, acumulen o se trasladen estos elementos, por lo que se puede decir que las concentraciones altas de los elementos trazadores As, Pb y Zn, no provienen de la planta peletizadora.

A partir de las conclusiones de este diagnóstico ambiental, se recomienda que se realice un seguimiento y/o monitoreo para prevenir la acumulación o aumento de las concentraciones de As, Pb y Zn, controlando las fuentes de emisión para evitar daños a la fauna, flora y salud de las comunidades cercanas al sitio de estudio.

6. Bibliografía

Aguirre G., A. (2001). Origen y reacción química de los suelos ácidos. En t. y. Química de los suelos ácidos, *Arturo Aguirre Gómez*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

Alloway, B. (2010). *Sources of heavy metals and metalloids in soils*. Londres: Springer.

Carranza E., A., Kasper Z., J. J., Rosales H., L., & et., a. (2009). Beach sand composition and provenance in a sector of the southwestern Mexican Pacific. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 433-447.

Carreto Bernal, F., González Pérez, R., & Villavicencio Velázquez, J. J. (2000). *Geografía general*. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.

Cervantes, O. (06 de junio de 2013). *El buen vecino*. Recuperado el 10 de noviembre de 2015, de Expondrá Mariano Trillo contaminación de Peña Colorada ante el Congreso del Estado: <http://elbuenvecino.com.mx/index.php?id=44337¬a=1>

CONAGUA. (2014). *Servicio Meteorológico Nacional*. Recuperado el febrero de 2015, de Comisión Nacional del Agua: <http://smn.cna.gob.mx/>

Enciso, A. (30 de diciembre de 2011). Actividad minera, veta de desastre ambiental. *La Jornada*.

EPA. (2004). *Method 9045D, Soil and Waste pH*. EE.UU.

Espacios económicos. (24 de enero de 2011). *¿Cómo participas en la economía de tu país?* Obtenido de Regiones agrícolas, ganaderas, forestales, pesqueras y mineras.: <http://ensmgeografiaespacioeconomicosmireya.blogspot.mx/2011/01/1-regiones-agricolas-ganaderas.html>

Espejo Ochoa, B. (2006). *Comparación teórica de los diferentes métodos de evaluación de impacto ambiental*. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza: Universidad Nacional Autónoma de México.

García Rodríguez, T. (2013). *Estudio de la bioaccesibilidad de As, Cd y Pb en suelos impactados con residuos mineros*. Facultad de Química: Universidad Nacional Autónoma de México.

Henry, G. J., & Heinke, G. W. (1999). *Lluvia ácida*. México: Pearson Educación.

Hernández Jiménez, A., Ascano García, M. O., Morales Díaz, M., Bojórquez Serrano, J. I., García Calderón, N. E., & García Paredes, J. D. (2006). *EL suelo*:

Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo. Universidad Autónoma de Nayarit.

Higueras, P. (2002). *Impactos de la minería en el medio ambiental.* Recuperado el diciembre de 2014, de <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-15564/Impactos%20de%20la%20miner%C3%ADa%20-%20Javier%20Lillo.pdf>

IER. (2005). *Instituto de Energías Renovables.* Recuperado el marzo de 2014, de Fluorescencia de Rayos-X: <http://xml.ier.unam.mx/xml/ms/fluorescencia.xml>

INECC. (2004). Diagnóstico ambiental del Golfo de México. En I. N. Climático. México: INECC.

INECC. (2007). *Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.* Recuperado el marzo de 2015, de <http://www.inecc.gob.mx/>

INEGI. (2014). *Anuario estadístico y geográfico de Colima 2014.* México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI. (28 de 02 de 2011). *Censos y Conteos.* Recuperado el octubre de 2015, de Censo de población y vivienda 2010: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/TabuladosBasicos/Default.aspx?c=27302&s=est>

INEGI. (2014). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía.* Recuperado el febrero de 2015, de <http://www.inegi.org.mx/default.aspx>

ISO. (2010). *ISO 11265:1994 Determination of the specific electrical conductivity.*

ISO. (2015). *ISO 11271:2002 Determination of redox potencial- Fiel method.*

Jian-feng, P., Yong-hui, S., Peng, Y., Xiao-yu, C., & Guang-lei, Q. (2009). The remediation of heavy metals contaminated sediment. *Journal of Hazardous Materials* , 633-640.

Jiliberto Herrera, R., & Bonilla Madriñán, M. (2009). *Guía de evaluación ambiental estratégica.* Santiago de Chile: Publicación de las Naciones Unidas.

Klein, C., & Hurlbut, C. S. (2006). *Manual de mineralogía.* Madrid: Reverté.

Laboratorio de Geoquímica Ambiental. (s.f.). Manual de procedimientos de fluorescencia de rayos X. *Laboratorio de Geoquímica Ambiental* . México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología: Departamento de Geoquímica.

Manahan, S. E. (2007). *Introducción a la Química Ambiental.* México: Renerté.

Manzanas. (21 de 5 de 2008). *Tenología*. Recuperado el enero de 2015, de Luvia ácida: <http://tecnologia-dvdpede.blogspot.mx/2008/05/lluvia-acida-la-lluvia-cida-se-forma.html>

Martínez, M., García, M., Pérez, C., & Bech, J. (2012). Trace element accumulation in plant from an aridic area affected by minning activities. *Journal og Geochemical Exploration* , 8-12.

Méndez Osorio, A. (4 de junio de 2011). *proceso.com.mx*. Recuperado el 10 de noviembre de 2015, de La mina de la impunidad: <http://www.proceso.com.mx/?p=271365>

Miller, J. N., & Miller, J. C. (2002). *Estadística y Quimiometría para Química Analítica*. Madrid: Pearson Educación.

Mongomery Fernández, C. (2005). *Quimiometría*. Valencia: Educació Materials.

Mota S., K. B. (2013). Análisis multielemental para la evaluación de impacto ambiental de una mina de hierro a cielo abierto. *Tesis de Maestría en Ingeniería*. Universidad Nacional Autónoma de México: Facultad de Ingeniería.

Muñoz I., D. J., Mendoza C., A., López G., F., Soler A., A., & Hernández M., M. (2000). *Manual de análisis de suelo*. México: Universidad Nacional Autónoma de México: Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

Osman, K. (2014). Soil Degradation, Conservation and Remediation. En K. T. Osman, *Soil Degradation, Conservation and Remediation* (págs. 149-152). Londres: Springer.

Oswal, M., Bedi, H., Hajivalei, M., Kumar, A., & Singh, K. (2010). Trace of elements of soilsamples from mining area. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* , 2138-2140.

Padilla. (2010). *Calidad del aire*. Recuperado el enero de 2015, de Conceptos básicos acerca de la contaminación atmosférica: <http://calidadairehonduras.blogspot.mx/p/contaminacion-atmosferica.html>

PROFEPA. (2013). *Pocuraduria Federal de Protección al Ambiente*. Recuperado el junio de 2015, de Glosario: <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/766/1/mx/glosario.html>

Quiroga, V. (1976). *Manual práctico para el análisis de experimentos de campo*. San José de Costa Rica: Serie de Publicaciones Miscelaneas.

Rico Malacara, T. (s.f.).

Rodríguez Ceja, S. (2005). Estudio de la desulfuración de los minerales de Peña Colorada. *Tesis de Maestría en Ciencias*. Universidad de Colima: Facultad de Ciencias Químicas.

SCFI. (2006). *NMX-AA-132-SCFI-2006. Muestreo de suelos para la identificación y cuantificación de metales y metaloides y manejo de la muestra*. México: Diario Oficial de la Federación.

SCFI. (2006). *NMX-AA-132-SCFI-2006. Muestreo de suelos para la identificación y cuantificación de metales y metaloides y manejo de la muestra*. México: Diario Oficial de la Federación.

SCFI. (2012). *NMX-AA-162-SCFI-2012. Auditoría ambiental- Metodología para realizar auditorías y diagnósticos ambientales y verificaciones de cumplimiento del plan de acción- Determinación del nivel de desempeño ambiental de una empresa*. México: Secretaría de Economía.

SE. (2013). *Perfil de mercado del Hierro-Acero*. México: Dirección General de Desarrollo Minero.

SE. (2012). *Secretaría de economía*. Recuperado el junio de 2015, de Minería: <http://www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/mineria>

SEMAR. (2012). *Secretaría de Marina y Armada de México*. Recuperado el junio de 2014, de Dirección General de Oceanografía e Hidrografía: <http://digaohm.semar.gob.mx/>

SEMARNAT. (2006). *Contaminación*. Distrito Federal, México.

SEMARNAT. (2002). *NOM-021-SEMARNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis*. México: Diario Oficial de la Nación.

SEMARNAT. (2007). *NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004. Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio*. México: Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT. (2012). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Recuperado el junio de 2015, de Glosario: <http://www.semarnat.gob.mx/educacion-ambiental/glosario>

SGM. (2012). *Servicio Geológico Mexicano*. Recuperado el marzo de 2015, de <http://www.sgm.gob.mx/>

- Sparks, D. L. (2003). *Environmental Soil Chemistry*. EE.UU.: Elsevier Science.
- Sposito, G. (2008). *The Chemistry of Soils*. New York: Oxford University Press.
- Thermo Scientific. (Noviembre de 2013). *Products*. Recuperado el julio de 2014, de Niton FXL Field X-ray Lab: <http://www.niton.com/en/niton-analyzers-products/nitonfxl>
- Thompson, L., & Troeh, F. (2002). *Los suelos y su fertilidad*. Barcelona: Reverté.
- Valcárcel, M., & Ríos, A. (1992). *La calidad en los laboratorios analíticos*. Barcelona: Editorial Reverté.
- Wickham, P., van de Walle, E., & Planas, D. (1987). Comparative affects of mine wastes on the bethos of an acid an alkaline pound. *Enviromental Pollution* , 83-99.
- Yan-Jun, D., Ming-Li, W., Krishna, R., Zhao-Peng, L., & Fei, J. (2014). Effect of acid rain pH on leaching behaviur of cement stabilized lead-contaminated soil. *Journal of Hazard Materials* , 271 (131-140), 131-140.

ANEXO

Se representan los resultados completos de la caracterización de las muestras tomadas en los tres muestreos por tipo de matriz.

1. Suelos

1.1. Valores de fondo

Fluorescencia de Rayos X

Tabla 22. Límites de detección del equipo de Fluorescencia de Rayos X (ThermoScientific. Niton FXL959)

Elemento	mg/kg
Hierro	113
Titanio	209.5
Manganeso	107.3
Níquel	5.5
Zinc	61.1
Zirconio	8.1
Cobre	42.7
Estroncio	4.3
Plomo	3.7
Arsénico	14.5
Bario	27.1
Vanadio	93.2
Cromo	95.5

Elementos NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004

Tabla 23. Concentraciones de elementos de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, de FRX en muestras de suelos en valores de fondo

CAMPO	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se	Tl	V
	mg/kg										
F1	<L.D.	8.32	504.91	<L.D.	72.55	<L.D.	24.18	4.93	<L.D.	3.21	211.86
F2	<L.D.	5.71	136.17	<L.D.	51.52	<L.D.	16.57	5.17	<L.D.	3.06	158.24
F3	<L.D.	3.87	415.38	<L.D.	57.80	<L.D.	<L.D.	4.84	<L.D.	<L.D.	99.05
F4	<L.D.	4.23	612.53	<L.D.	71.74	<L.D.	27.63	4.64	<L.D.	2.54	84.60
F5	<L.D.	6.38	586.19	<L.D.	67.72	<L.D.	<L.D.	5.18	<L.D.	<L.D.	115.79
F6	<L.D.	6.56	218.98	<L.D.	131.25	<L.D.	40.12	<L.D.	<L.D.	5.71	197.51
F7	<L.D.	4.02	451.89	<L.D.	103.76	<L.D.	23.30	29.13	<L.D.	<L.D.	92.40
F8	<L.D.	5.76	612.89	<L.D.	78.95	<L.D.	<L.D.	19.55	<L.D.	<L.D.	54.38
F9	<L.D.	10.49	628.90	<L.D.	61.99	<L.D.	16.71	8.38	<L.D.	<L.D.	184.62
F10	<L.D.	7.25	341.50	<L.D.	67.43	<L.D.	15.70	8.04	<L.D.	2.71	153.17
F11	<L.D.	4.91	562.42	<L.D.	62.34	<L.D.	21.92	7.04	<L.D.	2.95	115.55

CAMPO	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se	Tl	V
	mg/kg										
F12	<L.D.	4.73	448.50	<L.D.	73.02	<L.D.	23.30	6.45	<L.D.	<L.D.	105.39

Elementos de interés

Tabla 24. Concentraciones de elementos de interés, de FRX en muestras de suelos n valores de fondo

CAMPO	Ca	Cu	Fe	K	Mn	S	Sn	Ti	Zn
	mg/kg								
F1	29693.86	123.70	73237.04	13099.24	1248.61	<L.D.	<L.D.	8522.19	57.27
F2	36186.52	91.06	47198.26	5014.32	933.82	<L.D.	<L.D.	7002.24	57.01
F3	17725.64	64.79	32368.61	15904.85	662.11	<L.D.	<L.D.	4919.15	54.92
F4	16294.17	77.88	30255.64	14142.06	696.83	<L.D.	<L.D.	4752.62	63.98
F5	13965.34	87.46	36599.27	20428.80	712.44	<L.D.	<L.D.	4526.01	68.54
F6	30051.00	92.37	65665.47	6786.65	979.24	<L.D.	<L.D.	9118.45	88.71
F7	14623.49	46.26	31099.83	10062.65	769.62	<L.D.	<L.D.	4374.33	59.43
F8	841.48	25.01	23909.57	24582.68	618.85	<L.D.	<L.D.	3840.12	63.23
F9	3007.10	24.60	64266.24	14474.99	2382.59	<L.D.	<L.D.	7901.74	153.53
F10	9794.66	33.43	38892.87	8412.61	1104.89	<L.D.	<L.D.	6264.46	148.23
F11	15939.57	90.11	30229.12	14177.65	705.81	<L.D.	<L.D.	4791.53	45.91
F12	24332.70	86.60	32784.97	15538.71	751.36	<L.D.	<L.D.	4817.40	48.11

pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica

Tabla 25. Resultados de propiedades fisicoquímicas de las muestras de suelo de valores de fondo

CAMPO	pH	(Ag/AgCl*)	C.E.
		mV	µS / cm
F1	5.65	497.50	25.27
F2	5.92	456.90	36.53
F3	6.15	422.20	30.40
F4	6.92	402.23	7.04
F5	6.32	383.10	31.20
F6	6.30	365.87	35.87
F7	6.37	360.87	29.40
F8	6.39	255.20	31.47
F9	6.36	275.57	39.57
F10	6.34	286.03	60.40
F11	5.59	395.17	45.27
F12	5.97	376.07	29.90

1.2. Zona de influencia

Fluorescencia de Rayos X

Elementos NOM-147-SEMARNAT/SSA-2004

Tabla 26. Concentraciones de elementos de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, de FRX en muestras de suelos en la Zona d influencia

CAMPO	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se	Tl	V
	mg/kg										
Mi 01	<L.D.	4.07	<L.D.	<L.D.	63.38	<L.D.	<L.D.	5.96	<L.D.	<L.D.	88.66
Mi 02	<L.D.	5.47	283.97	<L.D.	77.56	<L.D.	<L.D.	23.49	<L.D.	<L.D.	79.77
Mi 03	<L.D.	5.22	580.62	<L.D.	79.26	<L.D.	18.30	48.08	<L.D.	<L.D.	99.15
Mi 04	<L.D.	6.56	723.40	<L.D.	84.54	<L.D.	23.94	8.85	<L.D.	3.54	125.87
Mi 05	<L.D.	8.36	787.51	<L.D.	68.37	<L.D.	44.36	21.11	<L.D.	<L.D.	156.65
Mi 06	<L.D.	4.68	658.97	<L.D.	68.94	<L.D.	23.23	8.97	<L.D.	3.47	105.15
Mi 07	<L.D.	3.72	789.90	<L.D.	66.32	5.71	16.90	6.32	<L.D.	2.55	61.63
Mi 08	<L.D.	6.28	686.34	<L.D.	74.17	<L.D.	26.06	9.00	<L.D.	3.31	89.05
Mi 09	<L.D.	7.23	714.32	<L.D.	71.45	6.56	30.96	7.91	<L.D.	<L.D.	164.44
Mi 10	<L.D.	7.63	495.52	<L.D.	110.80	<L.D.	22.98	8.21	<L.D.	<L.D.	105.99
Mi 11	<L.D.	8.46	952.77	<L.D.	70.52	<L.D.	36.55	14.77	<L.D.	3.91	144.86
Mi 12	<L.D.	5.32	681.51	<L.D.	65.36	<L.D.	<L.D.	7.91	<L.D.	3.68	237.53
Mi 13	<L.D.	9.60	274.44	<L.D.	84.73	<L.D.	17.69	28.88	<L.D.	2.98	144.21
Mi 14	<L.D.	8.03	45.83	<L.D.	77.80	<L.D.	<L.D.	11.25	<L.D.	<L.D.	98.02
Mi 15	<L.D.	7.14	727.12	<L.D.	76.15	<L.D.	36.77	15.74	<L.D.	3.58	164.03
Mi 16	<L.D.	4.24	597.99	<L.D.	61.52	<L.D.	19.46	6.73	<L.D.	3.36	89.81
Mi 17	<L.D.	8.33	54.74	<L.D.	76.61	<L.D.	<L.D.	13.21	<L.D.	<L.D.	121.53
Mi 18	<L.D.	7.13	835.80	<L.D.	63.01	<L.D.	26.04	16.56	<L.D.	3.78	112.63
Mi 19	<L.D.	7.64	962.64	<L.D.	64.38	<L.D.	29.30	17.64	<L.D.	<L.D.	136.18
Mi 20	<L.D.	5.98	744.44	<L.D.	88.50	<L.D.	40.12	7.71	<L.D.	<L.D.	121.77
Mi 21	<L.D.	9.83	926.80	<L.D.	83.73	<L.D.	34.03	44.75	<L.D.	3.81	143.58
Mi 22	<L.D.	6.07	359.35	<L.D.	80.29	<L.D.	22.39	21.12	<L.D.	2.71	120.76
Mi 23	<L.D.	8.38	144.05	<L.D.	79.69	<L.D.	18.52	18.16	<L.D.	20.39	152.36
Mi 24	<L.D.	9.67	728.15	<L.D.	68.92	<L.D.	27.35	20.59	<L.D.	3.48	133.72
Mi 25	<L.D.	17.48	759.81	<L.D.	81.17	<L.D.	28.17	10.45	<L.D.	3.40	135.99
Mi 26	<L.D.	9.64	417.72	<L.D.	88.78	<L.D.	33.99	24.53	<L.D.	3.83	139.62
Mi 27	<L.D.	7.70	193.40	<L.D.	87.69	<L.D.	24.89	11.41	<L.D.	16.18	144.63
Mi 28	<L.D.	7.22	755.29	<L.D.	85.08	<L.D.	25.25	15.21	<L.D.	<L.D.	95.88
Mi 29	<L.D.	9.01	535.58	<L.D.	80.22	<L.D.	26.76	13.84	<L.D.	2.88	112.72
Mi 30	<L.D.	14.35	823.43	<L.D.	70.31	<L.D.	31.82	19.71	<L.D.	3.52	145.43
Mi 31	<L.D.	16.58	514.57	<L.D.	74.15	<L.D.	39.80	18.59	3.17	5.00	142.51

CAMPO	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se	Tl	V
	mg/kg										
Mi 32	<L.D.	9.02	488.29	<L.D.	75.98	<L.D.	<L.D.	19.95	<L.D.	<L.D.	61.06
Mi 33	<L.D.	9.89	684.65	<L.D.	75.16	<L.D.	30.38	46.83	<L.D.	3.47	102.25
Mi 34	<L.D.	17.51	576.09	<L.D.	84.53	<L.D.	18.67	30.36	<L.D.	3.13	86.49
Mi 35	<L.D.	25.32	684.21	<L.D.	75.97	<L.D.	31.62	86.59	<L.D.	3.04	97.53
Mi 36	<L.D.	8.46	718.03	<L.D.	94.26	<L.D.	30.24	30.16	<L.D.	3.46	135.19
Mi 37	<L.D.	9.04	665.22	<L.D.	106.14	<L.D.	22.19	22.03	<L.D.	<L.D.	88.79
Mi 38	<L.D.	7.49	688.27	<L.D.	71.18	<L.D.	37.26	17.18	<L.D.	<L.D.	138.32
Mi 39	<L.D.	114.26	580.55	9.07	133.23	<L.D.	106.33	508.51	<L.D.	<L.D.	125.12
Mi 40	5.44	10.96	741.75	<L.D.	36.08	<L.D.	91.91	87.58	<L.D.	4.89	178.56
Mi 41	<L.D.	5.07	191.18	<L.D.	77.90	<L.D.	<L.D.	17.53	<L.D.	<L.D.	37.70
Mi 42	<L.D.	25.76	<L.D.	5.91	75.54	<L.D.	<L.D.	331.98	<L.D.	<L.D.	142.48
Mi 43	11.37	112.33	661.16	37.82	210.21	<L.D.	48.84	592.75	4.88	<L.D.	140.80
Mi 44	<L.D.	21.67	658.52	<L.D.	87.88	<L.D.	51.62	89.98	<L.D.	3.86	148.34
Mi 45	<L.D.	15.09	570.45	<L.D.	58.82	<L.D.	56.19	59.66	<L.D.	3.58	149.80
Mi 46	<L.D.	8.90	370.07	<L.D.	66.87	<L.D.	<L.D.	28.43	<L.D.	<L.D.	98.63
Mi 47	<L.D.	13.16	681.72	<L.D.	107.40	7.02	21.51	44.79	<L.D.	4.00	107.04
Mi 48	<L.D.	15.89	548.85	<L.D.	72.90	<L.D.	22.24	122.75	<L.D.	4.17	105.40
Mi 49	<L.D.	12.41	727.01	<L.D.	61.70	<L.D.	33.73	46.63	<L.D.	3.36	113.44
Mi 50	<L.D.	18.94	619.53	<L.D.	74.73	<L.D.	23.95	30.03	<L.D.	3.54	119.27
Mi 51	4.96	44.15	319.36	<L.D.	49.00	<L.D.	20.37	162.38	<L.D.	<L.D.	126.06
Mi 52	<L.D.	24.50	558.32	<L.D.	53.41	<L.D.	38.46	163.25	<L.D.	3.77	143.68
Mi 53	<L.D.	21.10	966.83	<L.D.	52.09	<L.D.	46.03	152.97	<L.D.	4.93	131.22
Mi 54	<L.D.	13.77	493.44	<L.D.	59.59	<L.D.	18.85	53.08	<L.D.	2.86	99.96
Mi 55	<L.D.	27.34	486.86	<L.D.	98.58	<L.D.	24.83	30.53	<L.D.	3.61	133.22
Mi 56	<L.D.	16.16	658.96	<L.D.	55.28	<L.D.	20.87	5.01	<L.D.	3.37	203.35
Mi 57	<L.D.	12.70	532.79	<L.D.	70.14	<L.D.	18.86	19.62	<L.D.	3.00	122.64
Mi 58	<L.D.	39.84	608.50	<L.D.	87.30	<L.D.	26.28	299.94	2.94	<L.D.	119.86
Mi 59	<L.D.	10.15	707.91	<L.D.	63.79	<L.D.	35.99	29.19	<L.D.	3.00	117.13
Mi 60	<L.D.	15.01	433.89	<L.D.	52.56	<L.D.	43.68	48.22	<L.D.	4.77	215.56
Mi 61	<L.D.	29.31	584.80	7.94	111.73	<L.D.	48.56	163.86	<L.D.	4.72	131.42
Mi 62	<L.D.	13.14	544.78	<L.D.	79.21	<L.D.	30.85	49.71	<L.D.	15.64	94.95
Mi 63	<L.D.	17.10	369.58	<L.D.	64.39	<L.D.	44.66	18.58	<L.D.	3.12	200.80
Mi 64	<L.D.	16.27	374.40	<L.D.	63.70	<L.D.	29.40	16.30	<L.D.	3.29	133.96
Mi 65	<L.D.	9.11	475.36	<L.D.	75.02	<L.D.	43.10	26.45	<L.D.	2.99	160.15
Mi 66	<L.D.	13.72	737.60	<L.D.	86.77	6.52	53.02	5.75	<L.D.	3.71	178.08

Elementos de interés

Tabla 27. Concentraciones de elementos de interés, de FRX en muestras de suelos de la Zona de influencia

CAMPO	Ca	Cu	Fe	K	Mn	S	Sn	Ti	Zn
	mg/kg								
Mi 01	17196.49	57.60	27804.63	21328.66	415.13	157.28	<L.D.	3765.36	50.01
Mi 02	17561.85	70.14	24425.50	23531.99	400.19	247.05	<L.D.	2688.07	108.85
Mi 03	15819.76	53.31	26524.41	20242.24	521.58	157.68	<L.D.	3209.60	48.63
Mi 04	16921.73	57.09	38023.12	21084.24	614.98	<L.D.	14.13	4025.05	85.36
Mi 05	21687.83	126.65	54941.22	20261.91	1217.46	<L.D.	13.60	5922.17	155.59
Mi 06	18372.18	77.56	33850.00	20733.92	833.96	<L.D.	<L.D.	4310.26	70.51
Mi 07	17517.03	55.18	16671.76	20325.24	525.34	<L.D.	15.52	2746.28	41.87
Mi 08	21320.22	73.36	28243.50	19339.26	659.77	<L.D.	14.96	4074.93	71.63
Mi 09	23234.60	118.77	52925.95	23994.13	1191.07	<L.D.	<L.D.	6640.03	76.65
Mi 10	20708.64	60.35	31599.58	15851.91	752.08	184.93	<L.D.	3766.58	57.75
Mi 11	23703.34	118.85	52807.05	29263.90	1226.83	<L.D.	<L.D.	6009.65	118.59
Mi 12	17774.15	76.01	112710.62	20919.09	1048.82	<L.D.	<L.D.	6717.00	<L.D.
Mi 13	18339.31	155.09	56517.72	16505.41	1099.18	<L.D.	<L.D.	5488.57	139.14
Mi 14	20687.20	61.62	37433.43	23856.90	596.32	<L.D.	<L.D.	3737.65	64.46
Mi 15	24116.63	140.77	54305.14	16989.68	1107.61	<L.D.	12.58	6471.76	106.78
Mi 16	14933.47	84.86	28561.62	19390.86	645.69	<L.D.	<L.D.	4482.36	66.04
Mi 17	19745.09	69.99	45701.62	15841.37	861.22	<L.D.	<L.D.	5103.50	129.12
Mi 18	21712.00	108.07	41369.39	21683.53	940.82	<L.D.	12.48	4525.04	88.81
Mi 19	22450.24	123.67	45379.85	22686.23	1066.38	<L.D.	11.47	5129.87	105.53
Mi 20	27440.83	79.40	40532.14	13550.29	873.89	<L.D.	14.32	3788.69	48.23
Mi 21	17446.90	145.91	48319.44	24594.29	1336.27	<L.D.	18.39	6664.50	184.20
Mi 22	19371.08	126.67	49219.69	16164.74	1092.47	<L.D.	<L.D.	5515.88	127.79
Mi 23	11210.08	162.31	51247.60	14641.82	618.70	1579.17	<L.D.	5813.04	145.36
Mi 24	23113.50	121.05	44434.51	18241.80	971.30	<L.D.	16.24	5080.86	106.14
Mi 25	16411.70	76.90	43134.84	16030.90	977.03	<L.D.	<L.D.	5875.20	87.96
Mi 26	19178.55	105.54	52981.32	16965.43	1036.46	255.83	<L.D.	4910.44	125.00
Mi 27	11629.95	122.11	38086.46	11864.01	468.73	4309.89	<L.D.	4819.54	108.82
Mi 28	28994.22	84.56	34435.52	20738.96	639.09	361.39	13.61	3423.54	63.39
Mi 29	18462.43	71.63	45736.35	15178.72	733.56	<L.D.	<L.D.	4027.93	102.20
Mi 30	21725.33	132.83	69795.63	22594.46	1232.61	<L.D.	17.33	4940.86	113.86
Mi 31	22801.46	162.84	92603.90	14612.24	1653.45	<L.D.	13.55	4816.13	177.02
Mi 32	9413.51	51.86	20949.16	19430.87	416.20	200.27	<L.D.	2944.96	90.15
Mi 33	21603.39	136.73	35686.07	14972.99	801.03	<L.D.	14.88	3633.97	178.47
Mi 34	16913.60	66.30	29421.55	15092.19	1033.14	182.18	<L.D.	3490.21	96.18
Mi 35	18080.23	253.30	44243.80	16941.75	746.86	312.94	<L.D.	3235.20	296.22
Mi 36	20469.10	96.58	39947.46	18929.07	854.98	190.28	16.52	4531.28	80.03

CAMPO	Ca	Cu	Fe	K	Mn	S	Sn	Ti	Zn
	mg/kg								
Mi 37	19709.17	75.84	25513.85	18112.74	559.14	274.62	<L.D.	3588.68	90.12
Mi 38	24920.14	97.29	39447.99	17002.37	790.59	<L.D.	15.86	5118.18	90.06
Mi 39	18401.74	1453.58	235200.45	10335.22	1882.48	457.02	151.00	3511.62	2280.58
Mi 40	12517.34	188.86	222852.99	14782.20	1511.71	<L.D.	42.16	4443.48	197.34
Mi 41	2794.12	32.45	18482.11	11108.80	117.77	<L.D.	<L.D.	1356.79	47.50
Mi 42	29784.32	719.73	44895.27	14241.49	675.12	703.66	<L.D.	4508.85	1746.27
Mi 43	18017.78	2120.89	105686.85	12461.64	793.95	1950.83	41.62	3316.91	3626.18
Mi 44	19141.35	253.01	74459.64	15305.49	1291.75	247.90	20.53	5219.10	214.12
Mi 45	20527.91	194.23	144102.40	13711.20	1224.52	826.99	18.59	3899.67	338.17
Mi 46	8984.67	86.17	33871.70	11394.91	371.68	168.49	<L.D.	3383.47	269.37
Mi 47	9485.08	107.37	49666.95	17725.96	530.34	276.67	28.20	3719.10	172.90
Mi 48	20646.03	205.91	44016.02	14871.55	639.22	538.15	13.34	3886.45	357.52
Mi 49	20645.15	151.94	43234.14	16484.10	902.10	217.16	13.57	5023.97	189.27
Mi 50	9871.84	105.15	43765.47	14747.24	522.40	<L.D.	13.00	4327.80	224.83
Mi 51	9251.52	200.79	63192.26	8985.70	464.21	190.19	<L.D.	5017.97	925.56
Mi 52	14343.09	234.72	92563.23	13301.90	795.88	1224.33	19.42	4412.40	732.69
Mi 53	23505.50	223.40	53267.45	16336.34	1157.34	366.58	16.65	6448.50	331.88
Mi 54	13704.44	139.13	42934.09	13590.11	473.75	187.20	16.51	4325.23	163.69
Mi 55	14472.42	53.62	47488.12	14510.80	695.29	299.77	11.99	5650.56	147.66
Mi 56	17225.00	44.26	68047.56	14298.12	1366.30	<L.D.	<L.D.	6986.44	28.54
Mi 57	14818.69	59.39	42865.02	14495.32	762.49	<L.D.	<L.D.	4947.11	88.90
Mi 58	27104.55	84.29	35148.27	11893.61	768.93	409.53	32.49	4206.02	1163.73
Mi 59	22097.13	67.72	69942.73	15092.23	572.60	<L.D.	22.45	3783.65	131.61
Mi 60	25285.36	96.54	126036.74	8353.36	1042.18	<L.D.	16.52	6247.31	103.85
Mi 61	20321.73	303.25	49898.34	12135.70	743.19	1157.19	18.90	4337.61	671.65
Mi 62	50806.81	119.54	33494.87	11568.82	722.11	2019.37	14.31	3242.48	183.17
Mi 63	16707.10	42.63	72529.25	6592.57	1103.84	<L.D.	12.63	7187.73	89.30
Mi 64	12632.46	40.43	46689.90	13900.52	998.78	<L.D.	<L.D.	5476.58	185.97
Mi 65	12897.93	96.48	48686.94	9908.34	707.33	<L.D.	<L.D.	5913.64	163.93
Mi 66	18457.68	67.79	60630.09	10487.26	1148.08	<L.D.	13.41	4582.05	37.87

pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica

Tabla 28. Resultados de propiedades fisicoquímicas de las muestras de suelo de la Zona de influencia

CAMPO	pH	(Ag/AgCl*)	C.E.
		mV	uS / cm
Mi 01	6.15	349.77	107.95
Mi 02	6.84	266.80	83.97
Mi 03	7.04	269.17	107.80
Mi 04	7.36	241.87	59.80
Mi 05	6.83	219.87	176.00
Mi 06	6.79	182.17	29.27
Mi 07	6.50	192.53	118.33
Mi 08	5.58	171.33	162.17
Mi 09	5.90	191.83	78.73
Mi 10	6.05	214.27	36.27
Mi 11	5.94	209.37	103.27
Mi 12	5.97	204.17	97.97
Mi 13	5.60	208.63	134.87
Mi 14	6.14	162.10	235.00
Mi 15	6.80	165.97	133.83
Mi 16	6.90	189.63	91.27
Mi 17	6.47	169.77	165.87
Mi 18	6.84	173.40	201.33
Mi 19	7.34	160.13	222.67
Mi 20	7.55	125.90	50.83
Mi 21	6.43	151.85	252.33
Mi 22	6.44	207.33	383.00
Mi 23	5.32	216.37	1869.67
Mi 24	6.67	166.27	91.53
Mi 25	6.56	169.93	185.47
Mi 26	6.61	175.73	244.33
Mi 27	4.19	320.50	5893.33
Mi 28	7.99	221.77	100.23
Mi 29	8.13	211.73	162.70
Mi 30	7.81	206.83	186.93
Mi 31	7.78	175.47	136.83
Mi 32	7.95	168.10	81.50
Mi 33	7.94	127.30	114.70
Mi 34	7.62	138.80	347.33
Mi 35	7.44	150.67	594.33
Mi 36	7.49	147.87	291.33

CAMPO	pH	(Ag/AgCl*)	C.E.
		mV	uS / cm
Mi 37	7.18	127.37	720.00
Mi 38	5.73	406.77	78.13
Mi 39	6.24	332.27	181.27
Mi 40	6.62	247.50	248.33
Mi 41	6.89	262.03	490.67
Mi 42	6.49	234.27	129.00
Mi 43	6.88	238.30	208.00
Mi 44	7.22	220.17	105.57
Mi 45	6.97	209.17	624.33
Mi 46	7.52	179.57	67.20
Mi 47	7.06	173.27	213.00
Mi 48	6.31	424.53	597.33
Mi 49	7.28	365.53	57.03
Mi 50	7.31	345.80	66.60
Mi 51	7.07	247.00	41.37
Mi 52	6.32	252.90	763.00
Mi 53	6.96	204.50	255.67
Mi 54	8.20	187.93	69.17
Mi 55	7.96	185.43	301.33
Mi 56	8.19	150.77	27.73
Mi 57	7.71	165.33	105.23
Mi 58	6.16	370.60	79.33
Mi 59	7.28	301.93	56.17
Mi 60	7.77	270.37	76.17
Mi 61	7.52	245.97	391.67
Mi 62	7.29	251.50	5160.00
Mi 63	7.99	192.23	46.30
Mi 64	7.71	195.27	53.33
Mi 65	7.56	193.30	26.77
Mi 66	7.52	198.33	36.03

2. Polvos

2.1. Primer muestreo

2.1.1. Zona de influencia

Fluorescencia de Rayos X

Elementos NOM-147-SEMARNAT/SSA-2004

Tabla 29. Concentraciones de elementos de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, de FRX en muestras de polvos en la Zona de influencia del primer muestreo

CAMPO	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se	TI	V
	mg/kg										
polvo barda	930.75	6345.61	1082	477.41	79.52	248.92	131.14	65998	292	<L.D.	179.16
polvo camino barda	<L.D.	20.69	577.93	<L.D.	78.09	<L.D.	22.02	156.25	3.02	<L.D.	88.94
Mi 1	<L.D.	5.67	414.38	<L.D.	70.44	<L.D.	14.71	11.98	<L.D.	<L.D.	95.85
Mi 2	<L.D.	10.49	536.43	<L.D.	68.23	6.88	23.13	51.85	<L.D.	3.57	125.08
Mi 3	<L.D.	11.84	339.23	<L.D.	56.50	8.19	32.44	16.97	<L.D.	3.63	91.01
Mi 4	<L.D.	8.05	204.74	<L.D.	50.41	<L.D.	22.77	41.10	<L.D.	<L.D.	123.86
Mi 5	<L.D.	15.32	347.58	<L.D.	63.18	<L.D.	31.38	63.23	<L.D.	<L.D.	163.90
Mi 7	<L.D.	16.96	<L.D.	<L.D.	54.60	<L.D.	<L.D.	123.81	<L.D.	<L.D.	144.26
Mi 8	<L.D.	23.84	174.10	<L.D.	55.55	<L.D.	27.07	198.32	<L.D.	<L.D.	149.63
Mi 12	<L.D.	11.61	407.07	<L.D.	68.54	<L.D.	<L.D.	25.63	<L.D.	4.09	180.02
Mi 14	<L.D.	10.84	538.39	<L.D.	67.47	6.92	34.14	118.87	<L.D.	<L.D.	142.01
Mi 15	<L.D.	11.36	577.19	<L.D.	63.37	<L.D.	43.19	114.79	<L.D.	<L.D.	142.77
Mi 16	<L.D.	8.18	208.55	<L.D.	60.23	<L.D.	17.33	32.82	<L.D.	3.30	116.10
Mi 17	<L.D.	10.32	100.11	<L.D.	72.39	<L.D.	<L.D.	24.98	<L.D.	3.19	136.62
Mi 18	<L.D.	18.53	452.82	<L.D.	140.98	<L.D.	21.09	128.57	<L.D.	<L.D.	134.59
Mi 20	<L.D.	12.81	739.46	<L.D.	84.73	<L.D.	53.44	25.97	<L.D.	4.26	187.41
Mi 21	<L.D.	15.72	383.53	<L.D.	76.22	<L.D.	24.62	123.19	<L.D.	4.52	147.96
Mi 32	<L.D.	15.11	574.43	<L.D.	82.03	<L.D.	26.36	51.95	<L.D.	3.58	94.52
Mi 35	5.54	47.63	543.72	<L.D.	64.24	<L.D.	54.43	334.17	<L.D.	<L.D.	143.75
Mi 37	<L.D.	14.52	468.43	<L.D.	87.03	<L.D.	23.13	52.70	<L.D.	3.12	93.94
Mi 41	<L.D.	8.03	229.84	<L.D.	55.88	5.71	23.90	38.91	<L.D.	<L.D.	62.81
Mi 45	8.61	<L.D.	263.48	<L.D.	<L.D.	<L.D.	69.43	283.55	<L.D.	<L.D.	192.98
Mi 46	<L.D.	11.03	379.56	<L.D.	70.03	<L.D.	18.98	32.39	<L.D.	2.66	103.94
Mi 47	<L.D.	15.20	609.59	<L.D.	91.91	<L.D.	27.87	56.96	<L.D.	2.88	108.75
Mi 48	<L.D.	19.13	592.79	<L.D.	69.06	<L.D.	27.14	227.79	<L.D.	4.45	104.02
Mi 49	<L.D.	14.40	677.28	<L.D.	73.47	<L.D.	25.94	90.77	<L.D.	3.26	98.51
Mi 50	<L.D.	17.16	626.20	<L.D.	66.42	<L.D.	23.83	56.93	<L.D.	<L.D.	114.64
Mi 51	<L.D.	45.98	362.45	7.10	67.50	<L.D.	35.99	177.48	<L.D.	<L.D.	141.19
Mi 52	<L.D.	26.51	545.52	<L.D.	58.90	7.73	37.05	185.02	<L.D.	<L.D.	136.61

CAMPO	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se	Tl	V
	mg/kg										
Mi 53	9.65	96.39	614.42	8.34	66.13	8.09	41.77	703.78	4.34	<L.D.	123.36
Mi 54	<L.D.	16.28	475.49	<L.D.	81.50	<L.D.	33.54	71.76	<L.D.	3.79	121.87
Mi 55	<L.D.	28.42	406.82	<L.D.	70.89	<L.D.	25.52	70.11	<L.D.	3.89	124.19
Mi 56	<L.D.	15.17	547.01	<L.D.	61.85	<L.D.	22.68	33.42	<L.D.	<L.D.	136.77
Mi 57	<L.D.	12.76	580.37	<L.D.	107.55	<L.D.	44.25	90.61	<L.D.	4.29	129.15
Mi 58	<L.D.	12.85	251.60	<L.D.	75.98	<L.D.	<L.D.	148.97	<L.D.	<L.D.	35.69
Mi 59	<L.D.	<L.D.	466.82	<L.D.	27.64	<L.D.	190.98	288.33	<L.D.	<L.D.	228.86
Mi 60	<L.D.	15.74	455.38	<L.D.	42.48	<L.D.	72.48	54.10	<L.D.	6.11	137.47
Mi 61	<L.D.	43.23	471.83	<L.D.	196.04	<L.D.	43.08	374.13	3.35	<L.D.	147.26
Mi 62	<L.D.	9.31	582.71	<L.D.	99.09	<L.D.	34.38	95.38	<L.D.	3.89	82.60
Mi 63	<L.D.	13.19	192.61	<L.D.	101.53	<L.D.	31.70	28.52	<L.D.	3.11	175.98
Mi 64	<L.D.	11.32	536.69	<L.D.	57.91	<L.D.	58.04	43.31	<L.D.	4.15	109.83
Mi 65	<L.D.	16.63	437.66	<L.D.	41.24	<L.D.	144.49	258.92	<L.D.	<L.D.	168.88
Mi 66	<L.D.	9.80	757.84	<L.D.	70.51	<L.D.	43.73	13.67	<L.D.	2.91	146.46

Elementos de interés

Tabla 30. Concentraciones de elementos de interés, de FRX en muestras de polvos en la Zona de influencia del primer muestreo

CAMPO	Ca	Cu	Fe	K	Mn	S	Sn	Ti	Zn
	mg/kg								
polvo barda	11445.27	27282	559362.15	7877.30	2568.98	28246	297.39	2273.79	55760
polvo camino barda	8139.18	101.46	29734.02	13425.38	370.87	192.72	21.40	3006.51	204.31
Mi 1	26261.68	59.72	33416.06	18650.75	566.43	865.81	<L.D.	3644.27	72.67
Mi 2	24911.12	145.63	50376.49	19563.57	848.68	675.70	<L.D.	4222.06	379.25
Mi 3	120242.37	84.66	29966.26	13104.12	641.99	1954	<L.D.	2912.56	117.60
Mi 4	23381.91	107.77	53051.65	18322.34	768.16	471.38	<L.D.	4935.59	284.81
Mi 5	19779.28	206.48	94314.43	16021.91	1604.50	<L.D.	<L.D.	5701.03	270.85
Mi 7	43112.64	209.59	169205.31	12945.82	1111.73	1881.59	<L.D.	3676.83	367.31
Mi 8	20151.05	344.90	156845.16	13446.26	1301.35	662.32	<L.D.	3952.17	641.70
Mi 12	19977.96	143.41	113141.26	19074.35	1118.22	<L.D.	<L.D.	5063.98	152.17
Mi 14	23756.14	307.43	86950.17	19425.27	1046.30	<L.D.	<L.D.	5233.61	360.76
Mi 15	38208.27	171.07	82339.19	16646.80	1004.47	744.07	<L.D.	3969.53	216.52
Mi 16	22157.50	138.98	49248.65	16662.83	923.65	875.77	<L.D.	5087.86	163.78
Mi 17	27335.54	85.18	52362.45	12169.00	837.06	1885.57	<L.D.	4699.61	156.35
Mi 18	32461.81	233.40	81372.96	16461.73	1075.92	690.92	<L.D.	4016.15	417.02

CAMPO	Ca	Cu	Fe	K	Mn	S	Sn	Ti	Zn
	mg/kg								
Mi 20	36348.60	121.33	68718.71	12997.16	1099.03	303.86	23.83	5195.75	132.13
Mi 21	37206.75	254.67	64620.77	16690.58	1141.96	889.28	<L.D.	5902.83	291.26
Mi 32	18119.14	121.44	32735.52	16589.43	618.03	787.57	<L.D.	2879.10	190.60
Mi 35	22643.20	418.41	105504.92	14721.83	1352.85	603.28	16.79	4013.68	803.17
Mi 37	21420.71	134.43	38159.06	13868.63	589.08	647.52	<L.D.	3296.82	307.60
Mi 41	2862.23	55.29	46558.22	8686.99	224.43	167.49	<L.D.	1281.15	139.41
Mi 45	16903.23	519.03	416961.21	11553.38	1565.05	881.04	<L.D.	3312.93	517.64
Mi 46	9312.22	101.34	37079.07	12425.84	380.07	177.27	<L.D.	3186.52	345.73
Mi 47	10700.72	105.79	45172.94	14783.43	570.39	212.68	28.69	3378.96	244.00
Mi 48	22899.30	330.69	55632.98	13234.34	646.29	947.60	28.50	3357.69	507.46
Mi 49	20977.55	155.35	35572.22	14143.33	686.33	588.17	18.87	3370.63	262.01
Mi 50	9874.93	122.40	44877.57	12620.32	459.87	208.26	13.65	3821.65	268.04
Mi 51	10807.75	235.37	70840.02	8661.85	517.15	<L.D.	11.53	5235.40	1042.02
Mi 52	12599.08	254.94	98652.02	11385.59	752.10	774.58	20.37	4009.41	699.12
Mi 53	14289.47	429.63	66736.52	12338.83	653.40	1303.80	17.00	4041.19	813.66
Mi 54	9598.34	205.55	72592.51	8949.67	531.93	209.25	14.60	4017.80	201.25
Mi 55	15216.40	115.53	48739.78	10348.08	648.77	272.31	<L.D.	4555.95	319.69
Mi 56	16151.75	63.79	51928.88	10712.10	715.14	<L.D.	10.93	4236.03	121.56
Mi 57	20305.25	189.44	80853.30	14601.23	1228.99	347.42	18.18	3789.53	319.46
Mi 58	6107.94	137.60	18943.95	7735.48	249.57	508.60	<L.D.	1287.02	846.88
Mi 59	19455.06	365.76	508254.22	6982.66	1679.98	<L.D.	29.78	2796.68	485.49
Mi 60	92760.56	191.82	139475.26	7579.61	917.79	507.50	19.30	3043.51	266.07
Mi 61	18310.68	311.37	68409.63	6869.23	626.27	297.39	16.72	2883.64	845.32
Mi 62	28422.27	112.76	31736.43	12024.49	545.91	598.57	13.15	2538.15	373.75
Mi 63	14248.47	71.29	68038.75	3752.97	777.91	<L.D.	<L.D.	4434.56	112.85
Mi 64	28319.54	84.39	89493.94	11113.56	664.30	474.86	<L.D.	2772.89	136.85
Mi 65	26046.57	345.36	199575.29	8351.10	892.13	725.15	<L.D.	2662.71	833.98
Mi 66	16863.54	64.20	58220.11	11725.05	804.59	254.82	11.31	4050.17	56.69

2.2. Segundo muestreo

2.2.1. Zona de influencia

Fluorescencia de Rayos X

Elementos NOM-147-SEMARNAT/SSA-2004

Tabla 31. Concentraciones de elementos de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, de FRX en muestras de polvos en la Zona de influencia del segundo muestreo

CAMPO	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se	TI	V
	mg/kg										
Polvos patio 3	<L.D.	93.72	555.08	<L.D.	77.19	<L.D.	<L.D.	1380.52	<L.D.	<L.D.	105.91
Polvos patio 4	<L.D.	<L.D.	484.11	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	75.54	<L.D.	<L.D.	131.91
Polvos patio 1	<L.D.	<L.D.	772.42	<L.D.	66.42	<L.D.	<L.D.	80.73	<L.D.	<L.D.	114.05
Polvos patio 2	<L.D.	<L.D.	691.61	<L.D.	48.74	<L.D.	<L.D.	57.65	<L.D.	<L.D.	149.42
Polvos 1	20.83	95.20	536.15	<L.D.	68.32	<L.D.	<L.D.	1452.76	<L.D.	<L.D.	130.48
Polvos 2	20.23	<L.D.	534.46	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	920.72	<L.D.	<L.D.	173.27
Polvos 3	<L.D.	<L.D.	503.33	<L.D.	94.17	<L.D.	<L.D.	892.10	<L.D.	<L.D.	116.04
POPE 1	<L.D.	<L.D.	493.82	<L.D.	66.41	<L.D.	<L.D.	1101.92	<L.D.	<L.D.	79.35
POPE 2	1212.17	8194.88	1206.84	844.504	138.29	1234.86	<L.D.	81596.83	181.00	<L.D.	138.74
POPE 3	<L.D.	<L.D.	679.51	<L.D.	63.89	<L.D.	<L.D.	493.48	<L.D.	<L.D.	136.94
POPE4	18.78	<L.D.	565.46	<L.D.	88.89	<L.D.	<L.D.	1113.53	<L.D.	<L.D.	115.22
POCO 1	<L.D.	<L.D.	436.18	<L.D.	69.08	<L.D.	<L.D.	86.97	<L.D.	<L.D.	66.40
POCO 2	<L.D.	<L.D.	487.80	<L.D.	65.11	<L.D.	<L.D.	250.66	<L.D.	<L.D.	110.28
POCO 3	<L.D.	<L.D.	460.88	<L.D.	74.54	<L.D.	<L.D.	148.37	<L.D.	<L.D.	100.70
FI 1	<L.D.	<L.D.	707.39	<L.D.	97.63	<L.D.	<L.D.	146.10	<L.D.	<L.D.	102.80
FI 1a	<L.D.	<L.D.	793.88	<L.D.	74.09	<L.D.	<L.D.	97.20	<L.D.	<L.D.	105.59
FI 1b	<L.D.	<L.D.	686.88	<L.D.	80.43	<L.D.	<L.D.	286.06	<L.D.	<L.D.	109.57
FI 1c	<L.D.	<L.D.	708.43	<L.D.	86.87	<L.D.	68.95	107.38	<L.D.	<L.D.	126.35
FI 1d	<L.D.	<L.D.	715.33	<L.D.	98.26	<L.D.	82.88	201.36	<L.D.	<L.D.	148.60
FI 2	<L.D.	<L.D.	822.83	<L.D.	74.38	<L.D.	<L.D.	100.47	<L.D.	<L.D.	82.87
FI 2a	<L.D.	<L.D.	685.76	<L.D.	69.18	<L.D.	<L.D.	91.91	<L.D.	<L.D.	79.18
FI 2b	<L.D.	<L.D.	795.43	<L.D.	68.20	<L.D.	<L.D.	76.85	<L.D.	<L.D.	70.69
FI 2c	<L.D.	<L.D.	635.80	<L.D.	81.07	<L.D.	<L.D.	92.56	<L.D.	<L.D.	84.99
FI 2d	<L.D.	<L.D.	676.53	<L.D.	62.07	<L.D.	<L.D.	126.68	<L.D.	<L.D.	84.27
FI 4	<L.D.	<L.D.	494.80	<L.D.	69.67	<L.D.	96.90	188.22	<L.D.	<L.D.	160.11
FI 4a	<L.D.	53.63	590.93	<L.D.	155.00	<L.D.	<L.D.	509.57	<L.D.	<L.D.	75.01
FI 4b	<L.D.	<L.D.	718.80	<L.D.	64.08	<L.D.	79.44	65.24	<L.D.	<L.D.	<L.D.
FI 4c	<L.D.	<L.D.	604.07	<L.D.	69.20	<L.D.	<L.D.	145.92	<L.D.	<L.D.	122.19
FI 4d	<L.D.	<L.D.	888.94	<L.D.	84.96	<L.D.	80.84	129.89	<L.D.	<L.D.	150.76
FI 5	<L.D.	<L.D.	868.65	<L.D.	60.46	<L.D.	<L.D.	65.78	<L.D.	<L.D.	91.01

CAMPO	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se	Tl	V
	mg/kg										
FI 5a	<L.D.	<L.D.	882.37	<L.D.	65.82	<L.D.	<L.D.	54.51	<L.D.	<L.D.	<L.D.
FI 5b	<L.D.	<L.D.	934.82	<L.D.	68.59	<L.D.	<L.D.	108.30	<L.D.	<L.D.	108.02
FI 5c	<L.D.	<L.D.	878.37	<L.D.	96.26	<L.D.	<L.D.	73.58	<L.D.	<L.D.	115.15
FI 5d	<L.D.	<L.D.	755.81	<L.D.	129.11	<L.D.	<L.D.	85.26	<L.D.	<L.D.	86.70
FI 6	<L.D.	<L.D.	1147.66	<L.D.	63.87	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	116.26
FI 6a	<L.D.	<L.D.	769.17	<L.D.	68.26	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	199.75
FI 6b	<L.D.	<L.D.	627.74	<L.D.	63.78	<L.D.	<L.D.	22.92	<L.D.	<L.D.	100.85
FI 6c	<L.D.	<L.D.	876.96	<L.D.	68.06	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	127.18
FI 6d	<L.D.	<L.D.	556.83	<L.D.	124.28	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	88.12

Elementos de interés

Tabla 32. Concentraciones de elementos de interés, de FRX en muestras de polvos en la Zona de influencia del segundo muestreo

CAMPO	Ca	Cu	Fe	K	Mn	S	Sn	Ti	Zn
	mg/kg								
Polvos patio 3	19001.72	1465.84	51612.80	10112.63	775.32	2558	<L.D.	3199.55	1161.40
Polvos patio 4	17039.08	237.89	132014.12	11922.89	1243.93	<L.D.	<L.D.	3950.42	169.76
Polvos patio 1	16864.39	151.36	73165.05	12694.12	912.84	<L.D.	<L.D.	3548.94	245.62
Polvos patio 2	18972.89	152.62	141549.76	13329.08	1513.27	<L.D.	<L.D.	3453.05	263.33
Polvos 1	25287.95	2523.86	142195.08	10932.21	1045.21	2568	<L.D.	2893.12	3740.73
Polvos 2	19683.47	1271.56	314078.27	10606.70	1479.29	<L.D.	<L.D.	2774.66	4454.90
Polvos 3	19997.64	1026.26	73771.57	13826.00	798.21	1109	<L.D.	3169.70	1550.59
POPE 1	11990.01	190.00	38730.43	11098.71	373.50	1133	<L.D.	2682.97	597.53
POPE 2	12315.23	34204	417109.11	6236.61	5195.38	28606	225	1684.59	268904.37
POPE 3	13326.45	279.17	84237.46	11510.72	613.96	<L.D.	<L.D.	3329.16	1734.25
POPE4	14635.73	385.10	74327.19	10505.43	654.84	871	<L.D.	2799.86	3142.15
POCO 1	7415.64	46.96	25856.63	10153.58	317.18	<L.D.	<L.D.	3292.75	129.87
POCO 2	8583.45	116.47	64343.50	9270.99	465.75	<L.D.	<L.D.	3578.85	254.34
POCO 3	12633.91	94.26	44500.33	9984.14	372.15	1438	<L.D.	2536.44	163.61
FI 1	15784.33	129.10	64458.94	11058.73	584.99	<L.D.	<L.D.	2720.58	309.87
FI 1a	11205.65	107.82	49934.49	12245.71	481.31	<L.D.	<L.D.	3370.93	237.13
FI 1b	16188.79	325.81	82363.45	13575.44	606.41	<L.D.	<L.D.	2993.93	461.96
FI 1c	16969.07	129.64	77328.95	10718.48	783.67	<L.D.	<L.D.	3025.94	221.45
FI 1d	16493.71	152.88	128154.36	10347.89	987.51	<L.D.	<L.D.	3569.31	314.98
FI 2	8813.66	74.94	40818.22	12414.91	394.62	<L.D.	<L.D.	2206.80	365.38
FI 2a	9403.10	82.40	43300.59	11827.02	398.41	<L.D.	<L.D.	2356.34	432.24
FI 2b	11669.03	78.83	34357.54	12719.89	358.76	<L.D.	<L.D.	1945.29	352.46
FI 2c	18881.68	95.19	45516.65	10212.29	444.81	<L.D.	<L.D.	2201.30	397.97

CAMPO	Ca	Cu	Fe	K	Mn	S	Sn	Ti	Zn
	mg/kg								
FI 2d	12072.29	105.37	46251.10	10474.79	384.22	<L.D.	<L.D.	2558.41	615.95
FI 4	28733.38	197.76	141797.19	9079.88	762.69	<L.D.	<L.D.	3095.40	703.15
FI 4a	23844.35	59.41	32825.38	11246.23	333.80	<L.D.	<L.D.	2221.70	209.97
FI 4b	20364.74	86.53	83040.63	11946.16	644.05	<L.D.	<L.D.	3258.82	159.13
FI 4c	23816.05	139.84	90559.92	11509.23	636.22	<L.D.	<L.D.	2552.22	352.97
FI 4d	21297.95	134.53	119733.57	10410.57	822.85	<L.D.	<L.D.	3110.99	290.31
FI 5	15656.94	87.19	36282.29	16095.15	462.13	<L.D.	<L.D.	2446.42	129.07
FI 5a	15174.14	59.46	23310.54	14005.02	359.33	<L.D.	<L.D.	1741.03	86.23
FI 5b	17261.15	132.28	58542.06	12639.84	653.78	<L.D.	<L.D.	3081.86	193.89
FI 5c	15529.96	93.25	47734.45	12977.93	728.95	<L.D.	<L.D.	3138.96	135.05
FI 5d	15351.05	101.50	48815.67	13942.54	520.71	<L.D.	<L.D.	2279.18	126.90
FI 6	30150.58	71.08	37792.13	13408.45	641.31	<L.D.	<L.D.	3320.63	61.35
FI 6a	27685.79	107.27	91428.71	11606.24	1246.89	<L.D.	<L.D.	7198.52	61.41
FI 6b	22663.45	97.08	44116.66	14372.07	754.03	<L.D.	<L.D.	4164.18	303.97
FI 6c	21397.45	89.65	41807.26	15025.06	832.38	<L.D.	<L.D.	4663.03	63.37
FI 6d	19445.90	51.23	22465.71	8250.97	434.49	<L.D.	<L.D.	2425.05	49.95

3. Sedimentos

3.1. Primer muestreo

3.1.1. Valores de fondo

Fluorescencia de Rayos X

Elementos NOM-147-SEMARNAT/SSA-2004

Tabla 33. Concentraciones de elementos de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, de FRX en muestras de sedimentos de valores de fondo del primer muestreo

CAMPO	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se	Tl	V
	mg/kg										
Afloramiento F1	<L.D.	7.50	241.45	<L.D.	118.77	<L.D.	44.45	<L.D.	<L.D.	<L.D.	196.68
Afloramiento F2	<L.D.	5.00	173.91	<L.D.	125.08	<L.D.	<L.D.	3.94	<L.D.	<L.D.	107.83
Afloramiento F3	<L.D.	4.24	351.77	<L.D.	93.16	<L.D.	19.62	<L.D.	<L.D.	<L.D.	104.21
Afloramiento F4	<L.D.	3.14	130.41	<L.D.	130.98	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	94.05
Afloramiento F6	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	86.76	<L.D.	17.24	6.19	3.35	3.05	45.26
Afloramiento F7	<L.D.	3.59	<L.D.	<L.D.	83.64	<L.D.	<L.D.	4.20	<L.D.	3.75	41.99
Afloramiento F8	<L.D.	4.16	953.56	<L.D.	153.83	<L.D.	<L.D.	4.48	<L.D.	<L.D.	55.40
Afloramiento F9	<L.D.	9.92	722.74	<L.D.	108.13	<L.D.	19.27	4.54	<L.D.	<L.D.	165.82
Afloramiento F10	<L.D.	5.47	<L.D.	<L.D.	115.55	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	92.01
Afloramiento F11	<L.D.	3.82	489.95	<L.D.	146.06	<L.D.	21.60	4.34	<L.D.	<L.D.	121.53
Afloramiento F12	<L.D.	4.26	374.98	<L.D.	142.37	<L.D.	<L.D.	5.56	<L.D.	<L.D.	107.84

Elementos de interés

Tabla 34. Concentraciones de elementos de interés, de FRX en muestras de sedimentos de valores de fondo del primer muestreo

CAMPO	Ca	Cu	Fe	K	Mn	S	Sn	Ti	Zn
	mg/kg								
Afloramiento F1	33453.94	58.07	41741.68	3075.97	671.37	<L.D.	<L.D.	6774.66	27.76
Afloramiento F2	29879.46	25.21	7103.84	5023.86	292.63	<L.D.	<L.D.	4267.01	21.10
Afloramiento F3	30043.00	158.09	28534.09	6970.58	519.67	<L.D.	<L.D.	3398.14	33.70
Afloramiento F4	21423.78	23.18	15994.65	2503.22	335.49	<L.D.	<L.D.	3064.09	21.09
Afloramiento F6	276430.45	48.42	5359.85	1616.28	296.81	386	<L.D.	<L.D.	15.20
Afloramiento F7	315584.14	39.13	1729.61	416.95	173.48	<L.D.	<L.D.	<L.D.	9.83
Afloramiento F8	4959.63	33.47	14173.84	17908.92	365.84	<L.D.	<L.D.	2080.50	73.68
Afloramiento F9	6311.11	36.66	53737.18	9849.41	2283.04	<L.D.	<L.D.	6182.10	184.24
Afloramiento F10	9943.93	17.18	9022.15	1582.90	411.58	<L.D.	<L.D.	4841.98	75.16
Afloramiento F11	18145.60	127.58	28762.35	11266.04	552.56	<L.D.	<L.D.	3809.48	44.94
Afloramiento F12	19318.24	78.88	26540.68	9266.95	507.70	<L.D.	<L.D.	3018.64	41.19

pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica

Tabla 35. Resultados de propiedades fisicoquímicas de las muestras de sedimentos de valores de fondo del primer muestreo

CAMPO	pH	(Ag/AgCl*)	C.E.
		mV	µS / cm
Afloramiento F1	6.31	113.53	42.50
Afloramiento F2	7.67	113.87	138.13
Afloramiento F3	7.89	131.43	18.33
Afloramiento F4	8.62	99.43	30.27
Afloramiento F5	7.84	142.23	51.27
Afloramiento F6	8.35	119.03	85.43
Afloramiento F7	8.92	116.53	78.83
Afloramiento F8	9.10	124.43	33.93
Afloramiento F9	9.64	97.43	51.43
Afloramiento F10	9.38	117.30	42.47
Afloramiento F11	9.66	98.27	93.47

3.1.2. Zona de influencia

Fluorescencia de Rayos X

Elementos NOM-147-SEMARNAT/SSA-2004

Tabla 36. Concentraciones de elementos de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, de FRX en muestras de sedimentos de la Zona de influencia del primer muestreo

CAMPO	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se	Tl	V
	mg/kg										
LT 05	<L.D.	18.38	446.09	<L.D.	71.03	<L.D.	16.19	18.05	<L.D.	<L.D.	118.36
LT 08	<L.D.	16.73	485.29	<L.D.	98.48	<L.D.	33.83	17.43	<L.D.	2.94	191.42
LT 10	<L.D.	14.51	491.22	<L.D.	82.61	<L.D.	15.85	17.79	<L.D.	<L.D.	84.90
PV 02	<L.D.	12.13	650.78	<L.D.	104.71	<L.D.	42.72	45.26	<L.D.	<L.D.	145.17
PV 05	<L.D.	13.67	617.25	<L.D.	109.01	<L.D.	55.33	57.17	<L.D.	<L.D.	263.47
PV 08	<L.D.	5.49	728.19	<L.D.	93.52	<L.D.	30.46	7.22	<L.D.	3.37	107.32
PV 11a	<L.D.	10.05	512.85	<L.D.	116.62	9.93	67.83	12.13	<L.D.	5.51	372.94
PV 11	<L.D.	7.95	635.46	<L.D.	102.95	<L.D.	46.17	9.50	<L.D.	<L.D.	201.79
PV 14	<L.D.	9.38	721.15	<L.D.	93.85	<L.D.	38.67	11.46	<L.D.	3.71	135.38

Elementos de interés

Tabla 37. Concentraciones de elementos de interés, de FRX en muestras de sedimentos de la Zona de influencia del primer muestreo

CAMPO	Ca	Cu	Fe	K	Mn	S	Sn	Ti	Zn
	mg/kg								
LT 05	9683.55	51.25	41809.34	11276.41	509.31	251.47	<L.D.	4310.52	96.27
LT 08	10707.38	93.75	62450.60	14237.14	664.54	<L.D.	<L.D.	5504.11	78.28
LT 10	8386.82	53.89	25981.49	13734.24	312.72	255.55	<L.D.	3304.97	65.62
PV 02	17552.86	115.69	44105.05	14617.44	827.29	<L.D.	12.02	5314.58	178.20
PV 05	19032.86	104.87	100301.84	14261.64	1428.46	<L.D.	16.92	7835.10	143.54
PV 08	17720.30	48.50	27863.12	17626.44	658.38	<L.D.	12.48	3964.26	36.90
PV 11a	18332.87	95.29	131662.48	14786.83	1871.51	<L.D.	<L.D.	13577.77	51.28
PV 11	17959.02	72.66	60967.86	15629.62	1035.83	<L.D.	<L.D.	6725.01	57.96
PV 14	18781.82	79.41	38377.12	17451.97	860.87	<L.D.	<L.D.	4258.37	81.51

pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica

Tabla 38. Resultados de propiedades fisicoquímicas de las muestras de sedimentos de la Zona de influencia del primer muestreo

CAMPO	pH	(Ag/AgCl*)	C.E.
		mV	uS / cm
LT 05	5.77	160.17	626.33
LT 08	6.94	218.60	215.00
LT 10	7.17	122.77	268.00
PV 02	8.08	116.03	115.77
PV 05	7.59	147.53	80.33
PV 08	6.99	138.27	131.23
PV 11a	6.75	134.50	95.67
PV 11	8.36	168.33	61.37
PV 14	7.99	126.43	111.00

3.2. Segundo muestreo

3.2.1. Valores de fondo

Fluorescencia de Rayos X

Elementos NOM-147-SEMARNAT/SSA-2004

Tabla 39. Concentraciones de elementos de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, de FRX en muestras de sedimentos de valores de fondo del segundo muestreo

CAMPO	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se	Tl	V
	mg/kg										
F01	<L.D.	<L.D.	894.14	<L.D.	48.01	<L.D.	73.92	<L.D.	<L.D.	<L.D.	174.64
F2	<L.D.	<L.D.	986.68	<L.D.	68.82	<L.D.	106.63	<L.D.	<L.D.	<L.D.	485.75
F3	<L.D.	<L.D.	674.89	<L.D.	121.91	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	113.29
F04	<L.D.	<L.D.	389.11	<L.D.	49.34	<L.D.	<L.D.	39.64	<L.D.	<L.D.	136.95

Elementos de interés

Tabla 40. Concentraciones de elementos de interés, de FRX en muestras de sedimentos de la Zona de influencia del segundo muestreo

CAMPO	Ca	Cu	Fe	K	Mn	S	Sn	Ti	Zn
	mg/kg								
F01	18902.66	105.41	82105.01	11516.58	922.41	<L.D.	<L.D.	4831.72	66.81
F2	14695.95	89.93	203992.26	10047.20	2454.65	<L.D.	<L.D.	12566.69	<L.D.
F3	11000.08	65.66	32266.58	12970.89	759.15	<L.D.	<L.D.	<L.D.	69
F04	9812.08	91.75	44048.80	8330.18	554.24	<L.D.	<L.D.	3958.58	83.08

pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica

Tabla 41. Resultados de propiedades fisicoquímicas de las muestras de sedimentos de valores de fondo del segundo muestreo

CAMPO	pH	(Ag/AgCl*)	C.E.
		mV	uS / cm
F01	6.93	206.77	44.20
F2	6.83	208.73	54.90
F3	6.68	213.17	72.37
F04	6.78	212.70	44.87

3.2.2. Zona de influencia

Fluorescencia de Rayos X

Elementos NOM-147-SEMARNAT/SSA-2004

Tabla 42. Concentraciones de elementos de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, de FRX en muestras de sedimentos de la Zona de influencia del segundo muestreo

CAMPO	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se	Tl	V
	mg/kg										
PV1	<L.D.	<L.D.	441.99	<L.D.	119.27	<L.D.	<L.D.	38.16	<L.D.	<L.D.	88.86
PV2	<L.D.	<L.D.	794.95	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
PV3	<L.D.	<L.D.	364.26	<L.D.	122.68	<L.D.	<L.D.	270.16	<L.D.	<L.D.	126.18
PV4	<L.D.	<L.D.	835.38	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
PV5	<L.D.	<L.D.	835.63	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
PV6	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	122.84	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
PV7	<L.D.	<L.D.	760.26	<L.D.	86.18	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
PV8	<L.D.	<L.D.	716.30	<L.D.	98.90	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
PV9	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
PV10	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
PV11	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	84.86	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	590.69
PV12	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	477.76
PV13	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
PV14	<L.D.	<L.D.	461.57	<L.D.	88.62	<L.D.	<L.D.	41.11	<L.D.	<L.D.	183.05
PV15	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	116.12	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
LT1	75.27	<L.D.	588.19	89.26	69.54	<L.D.	<L.D.	4701.67	<L.D.	<L.D.	142.83
LT2	<L.D.	<L.D.	618.42	<L.D.	62.51	<L.D.	<L.D.	85.27	<L.D.	<L.D.	125.81
LT4	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	116.91	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	114.31
LT5	<L.D.	<L.D.	581.23	<L.D.	63.65	<L.D.	<L.D.	85.43	<L.D.	<L.D.	104.39
LT6	<L.D.	<L.D.	511.85	<L.D.	60.48	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	83.71
LT7	<L.D.	<L.D.	426.89	<L.D.	72.48	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
LT8	<L.D.	19.20	574.19	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	27.30	<L.D.	<L.D.	105.52
LT9	<L.D.	17.78	<L.D.	<L.D.	105.14	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	138.52
LT10	<L.D.	<L.D.	645.92	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
LAG Sed	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	1049.51	<L.D.	<L.D.	187.22

Elementos de interés

Tabla 43. Concentraciones de elementos de interés, de FRX en muestras de sedimentos de la Zona de influencia del segundo muestreo

CAMPO	Ca	Cu	Fe	K	Mn	S	Sn	Ti	Zn
	mg/kg								
PV1	11995.38	89.24	27174.77	9059.23	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	134.94
PV2	12429.19	<L.D.	<L.D.	<L.D.	535.40	<L.D.	<L.D.	<L.D.	136.11
PV3	14291.47	273.80	41919.03	8131.48	868.74	<L.D.	<L.D.	3794.44	1005.49
PV4	14915.23	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
PV5	<L.D.	<L.D.	<L.D.	14580.63	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
PV6	16291.05	<L.D.	<L.D.	11130.47	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
PV7	15436.97	48.63	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	32.68
PV8	18894.85	60.83	71825.71	9652.90	1163.69	<L.D.	<L.D.	8816.44	<L.D.
PV9	15744.60	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
PV10	11389.59	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
PV11	13078.57	118.14	<L.D.	11475.97	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
PV12	14022.48	122.33	<L.D.	10957.05	1897.32	<L.D.	<L.D.	8287.91	<L.D.
PV13	<L.D.	<L.D.	<L.D.	16191.02	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
PV14	15063.99	250.06	203402.23	9057.16	<L.D.	<L.D.	<L.D.	3777.28	161.52
PV15	8195.77	<L.D.	<L.D.	<L.D.	504.15	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
LT1	11629.88	2528.91	114151.22	10133.90	857.83	4343.40	<L.D.	3232.97	12089.15
LT2	9928.75	153.73	60459.51	10131.48	503.22	<L.D.	<L.D.	3549.27	1020.27
LT4	7907.76	<L.D.	<L.D.	7486.40	<L.D.	<L.D.	<L.D.	2650.94	<L.D.
LT5	12114.74	98.89	33738.20	11234.68	655.40	<L.D.	<L.D.	3895.69	<L.D.
LT6	8260.91	<L.D.	27024.55	12096.53	577.17	<L.D.	<L.D.	3502.50	<L.D.
LT7	8731.17	<L.D.	<L.D.	13028.78	<L.D.	<L.D.	<L.D.	3963.48	<L.D.
LT8	12976.72	57.87	30594.38	12664.50	587.15	<L.D.	<L.D.	3583.53	141.13
LT9	12263.64	74.51	45016.78	7326.77	897.63	<L.D.	<L.D.	3310.06	113.53
LT10	5780.03	<L.D.	<L.D.	<L.D.	283.33	<L.D.	<L.D.	2465.66	189.90
LAGSed	13525.50	862.92	425632.68	3205.38	<L.D.	<L.D.	<L.D.	1138.97	880.76

pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica

Tabla 44. Resultados de propiedades fisicoquímicas de las muestras de sedimentos de la Zona de influencia del segundo muestreo

CAMPO	pH	(Ag/AgCl*)	C.E.
		mV	uS / cm
PV1	5.70	152.73	110.33
PV2	6.32	152.83	32.47
PV3	6.28	162.93	144.20
PV4	6.64	153.17	35.60
PV5	6.62	149.27	70.60
PV6	6.97	146.50	19.23

CAMPO	pH	(Ag/AgCl*)	C.E.
		mV	uS / cm
PV7	6.83	155.73	34.97
PV8	6.92	168.10	22.77
PV9	6.91	172.83	18.53
PV10	6.57	203.87	59.70
PV11	5.31	136.10	38.33
PV12	5.89	122.90	53.37
PV13	6.39	104.73	57.97
PV14	7.67	91.27	73.77
PV15	7.88	112.90	55.55
LT1	7.29	150.83	317.67
LT2	7.42	114.13	182.67
LT4	7.63	103.83	112.00
LT5	7.88	100.60	86.63
LT6	8.15	99.43	22.80
LT7	5.90	239.37	349.67
LT8	6.15	228.57	456.67
LT9	6.63	220.00	300.67
LT10	6.78	214.73	147.27
LAG Sed	5.58	148.20	3086.67

3.3. Tercer muestreo

3.3.1. Valores de fondo

Fluorescencia de Rayos X

Elementos NOM-147-SEMARNAT/SSA-2004

Tabla 45. Concentraciones de elementos de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, de FRX en muestras de sedimentos de valores de fondo del tercer muestreo

CAMPO	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se	TI	V
	mg/kg										
PC-F-02	<L.D.	7.57	811.59	<L.D.	114.23	<L.D.	31.70	8.58	<L.D.	2.26	84.57
PC-F-03	<L.D.	13.79	489.78	<L.D.	97.16	<L.D.	15.67	13.36	<L.D.	<L.D.	89.05
PC-F-01	<L.D.	9.23	606.44	<L.D.	112.99	<L.D.	13.60	16.12	<L.D.	2.635	106.12

Elementos de interés

Tabla 46. Concentraciones de elementos de interés, de FRX en muestras de sedimentos de valores de fondo del tercer muestreo

CAMPO	Ca	Cu	Fe	K	Mn	S	Sn	Ti	Zn
	mg/kg								
PC-F-02	22610.21	44.24	28085.48	22519.41	686.84	<L.D.	19.27	4216.99	63.43
PC-F-03	5545.58	23.97	25703.49	12383.24	391.10	<L.D.	12.36	3025.91	46.60
PC-F-01	9906.56	69.28	37605.75	12024.06	1021.88	519.61	<L.D.	3251.16	112.33

pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica

Tabla 47. Resultados de propiedades fisicoquímicas de las muestras de sedimentos de valores de fondo del tercer muestreo

CAMPO	pH	(Ag/AgCl*)	C.E.
		mV	uS / cm
PC-F-02	3.66	152.83	179.33
PC-F-03	4.52	153.17	171.35
PC-F-01	6.55	-3.60	47.00

3.3.2. Zona de influencia

Fluorescencia de Rayos X

Elementos NOM-147-SEMARNAT/SSA-2004

Tabla 48. Concentraciones de elementos de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, de FRX en muestras de sedimentos de la Zona de influencia del tercer muestreo

CAMPO	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se	Tl	V
	mg/kg										
PV-15	<L.D.	7.81	712.56	<L.D.	108.62	<L.D.	35.43	8.92	<L.D.	<L.D.	116.40
PV-14	<L.D.	8.69	656.19	<L.D.	135.89	<L.D.	32.68	9.76	<L.D.	2.72	162.70
PC-LT9	<L.D.	7.54	438.32	<L.D.	53.34	<L.D.	<L.D.	5.71	<L.D.	<L.D.	42.59
PV-13	<L.D.	7.26	808.29	<L.D.	176.86	<L.D.	44.73	4.94	<L.D.	2.68	132.49
PC-LT8	<L.D.	21.12	627.97	<L.D.	120.47	<L.D.	33.03	13.30	<L.D.	<L.D.	136.89
PV-10	<L.D.	2.98	908.07	<L.D.	86.57	<L.D.	14.80	4.93	2.03	<L.D.	66.67
PC-LT6	<L.D.	14.00	517.35	<L.D.	69.66	5.08	14.74	9.65	<L.D.	2.57	79.58
PC-LT5	<L.D.	21.69	458.89	<L.D.	120.14	<L.D.	25.25	27.18	<L.D.	2.38	123.20
PC-LAG	8.19	34.82	182.12	9.71	<L.D.	<L.D.	184.77	843.68	<L.D.	<L.D.	475.06
PC-LT1	69.70	231.36	697.35	73.49	121.22	20.27	27.69	3448.92	6.64	<L.D.	105.11
PC-LT3	<L.D.	5.55	303.55	<L.D.	115.41	<L.D.	32.19	<L.D.	<L.D.	2.35	167.87
PC-LT7	<L.D.	17.21	592.40	<L.D.	129.74	<L.D.	30.74	17.45	<L.D.	2.46	121.52
PV-9	<L.D.	9.03	690.38	<L.D.	130.34	<L.D.	41.05	<L.D.	<L.D.	3.14	169.54

Elementos de interés

Tabla 49. Concentraciones de elementos de interés, de FRX en muestras de sedimentos la Zona de influencia del tercer muestreo

Campo	Ca	Cu	Fe	K	Mn	S	Sn	Ti	Zn
	mg/kg								
PV-15	11479.42	60.92	34544.32	12968.28	852.03	<L.D.	<L.D.	3542.29	85.95
PV-14	17301.67	64.15	58343.19	13296.79	1085.99	176.23	<L.D.	7979.33	133.08
PC-LT9	8116.20	21.47	11643.77	10097.97	331.13	345.60	<L.D.	1225.27	31.22
PV-13	27392.45	54.30	41081.18	11670.75	867.78	<L.D.	16.13	4528.56	66.37
PC-LT8	12350.92	66.25	41780.64	12372.73	726.68	5773.10	13.54	5348.07	118.10
PV-10	17131.25	40.51	13353.43	17859.75	351.78	988.38	10.40	2859.83	25.74
PC-LT6	8694.31	48.92	28120.45	14663.57	500.99	3410.12	12.81	2615.45	78.92
PC-LT5	9219.14	64.39	41431.33	12585.73	678.63	3164.72	<L.D.	4199.67	178.38
PC-LAG	12114.36	758.46	348452.57	5909.02	906.67	4149.24	31.27	2169.13	1272.08
PC-LT1	11927.27	2167.98	55915.32	13094.38	601.39	7631.63	44.13	3386.72	10430.60
PC-LT3	6876.01	68.77	57517.84	4203.89	681.31	<L.D.	<L.D.	5273.43	42.18
PC-LT7	11436.51	58.76	36854.60	13660.94	633.46	2749.67	19.38	3612.35	138.46
PV-9	13747.00	69.79	51653.43	8613.17	887.55	2115.23	<L.D.	4857.37	76.61

pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica

Tabla 50. Resultados de propiedades fisicoquímicas de las muestras de sedimentos de la Zona de influencia del tercer muestreo

CAMPO	pH	(Ag/AgCl*)	C.E.
		mV	uS / cm
PV-15	4.82	152.73	158.73
PV-14	6.34	162.93	187.43
PC-LT9	5.98	149.27	221.33
PV-13	4.82	146.50	146.60
PC-LT8	4.16	164.53	896.33
PV-10	3.80	168.10	158.77
PC-LT6	6.40	5.40	431.33
PC-LT5	6.36	10.83	763.67
PC-LAG	5.50	54.70	2350.00
PC-LT1	6.80	12.73	278.00
PC-LT3	6.91	11.80	32.90
PC-LT7	6.57	25.47	481.50
PV-9	7.38	-2.70	28.80

4. Follaje

4.1. Valores de fondo

Fluorescencia de Rayos X

Elementos NOM-147-SEMARNAT/SSA-2004

Tabla 51. Concentraciones de elementos de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, de FRX en muestras de follaje de valores de fondo

CAMPO	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se	Tl	V
	mg/kg										
Follaje F01	<L.D.	8.66	<L.D.	<L.D.	82.10	<L.D.	<L.D.	7.36	<L.D.	<L.D.	<L.D.
Follaje F02	<L.D.	2.82	<L.D.	<L.D.	50.95	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	13.49	24.05
Follaje F03	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	12.18	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	13.98	<L.D.
Follaje F04	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	76.28	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	9.01	<L.D.
Follaje F05	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	81.07	<L.D.	<L.D.	3.59	<L.D.	18.25	<L.D.
Follaje F06	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	64.44	<L.D.	<L.D.	6.62	<L.D.	<L.D.	<L.D.
Follaje F07	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	113.37	<L.D.	<L.D.	2.69	<L.D.	2.67	<L.D.
Follaje F08	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	59.66	<L.D.	<L.D.	15.61	<L.D.	13.36	<L.D.
Follaje F09	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	65.96	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	2.79	<L.D.
Follaje F10	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	69.41	<L.D.	<L.D.	5.76	<L.D.	11.55	<L.D.
Follaje F11	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	68.93	<L.D.	<L.D.	6.35	<L.D.	19.17	<L.D.
Follaje F12	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	78.86	<L.D.	<L.D.	5.25	<L.D.	<L.D.	<L.D.

Elementos de interés

Tabla 52. Concentraciones de elementos de interés, de FRX en muestras de follaje de valores de fondo

CAMPO	Ca	Cu	Fe	K	Mn	S	Sn	Ti	Zn
	mg/kg								
Follaje F01	30509.35	43.09	1237.92	50387.56	<L.D.	1862.71	<L.D.	127.05	59.96
Follaje F02	33606.19	63.69	8705.53	35101.46	43.11	1628.16	<L.D.	1140.87	42.75
Follaje F03	49998.82	10.11	238.75	22593.68	<L.D.	3777.46	<L.D.	<L.D.	23.44
Follaje F04	18843.25	25.84	345.84	32999.65	<L.D.	2070.25	<L.D.	47.70	43.43
Follaje F05	66154.54	48.43	1219.26	21311.16	<L.D.	5627.06	<L.D.	75.06	58.49
Follaje F06	46760.76	25.65	1425.85	23708.28	<L.D.	1126.15	<L.D.	37.74	69.90
Follaje F07	27349.37	57.53	958.96	39061.40	<L.D.	2023.34	<L.D.	59.72	69.90
Follaje F08	39547.56	34.90	1924.77	31515.22	<L.D.	1438.45	<L.D.	51.55	49.94
Follaje F09	45436.72	22.94	483.15	44667.23	<L.D.	1998.11	<L.D.	<L.D.	38.80
Follaje F10	40473.43	20.35	2250.16	29521.03	46.15	3076.48	<L.D.	171.87	41.16
Follaje F11	27547.78	30.29	1409.52	36070.42	<L.D.	1294.86	<L.D.	77.07	31.07
Follaje F12	43272.51	28.41	1540.37	29328.77	<L.D.	1683.18	<L.D.	88.03	42.68

5. Minerales

5.1. Primero muestreo

Fluorescencia de Rayos X

Elementos NOM-147-SEMARNAT/SSA-2004

Tabla 53. Concentraciones de elementos de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, de FRX en muestras de minerales de fuentes internas y fuentes externas del primer muestreo

CAMPO	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se	Tl	V
	mg/kg										
CP1-01	11.83	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	516.49	228.70	<L.D.	<L.D.	407.80
CP1-01a	<L.D.	<L.D.	86.20	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	291.41	<L.D.	<L.D.	78.61
CP1-01b	9.80	<L.D.	100.19	<L.D.	<L.D.	<L.D.	277.95	227.06	<L.D.	<L.D.	433.78
CP1-01c	12.28	<L.D.	178.72	<L.D.	<L.D.	<L.D.	245.11	295.26	<L.D.	<L.D.	421.53
CP1-01d	<L.D.	<L.D.	79.68	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	288.99	<L.D.	<L.D.	92.92
CP1-02	10.82	<L.D.	94.46	<L.D.	<L.D.	<L.D.	238.18	263.91	<L.D.	<L.D.	426.30
CP1-02a	10.68	<L.D.	123.20	<L.D.	<L.D.	<L.D.	265.77	294.51	<L.D.	<L.D.	486.47
CP1-02b	11.66	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	236.53	<L.D.	<L.D.	500.71
CP1-02c	13.61	<L.D.	95.23	<L.D.	<L.D.	<L.D.	148.97	259.44	<L.D.	<L.D.	392.35
CP1-02d	10.28	<L.D.	108.28	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	210.94	<L.D.	<L.D.	406.09
CP1-03	<L.D.	<L.D.	87.00	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	280.13	<L.D.	<L.D.	455.65
CP1-03a	11.09	<L.D.	81.92	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	226.08	<L.D.	<L.D.	393.31
CP1-03b	12.85	<L.D.	174.98	<L.D.	<L.D.	<L.D.	196.30	230.20	<L.D.	<L.D.	411.56
CP1-03c	<L.D.	<L.D.	100.27	<L.D.	<L.D.	<L.D.	154.93	255.46	<L.D.	<L.D.	492.25
CP1-03d	<L.D.	<L.D.	92.89	<L.D.	<L.D.	<L.D.	191.86	235.42	<L.D.	<L.D.	539.95
CP2-01	11.63	<L.D.	137.75	<L.D.	<L.D.	<L.D.	153.10	226.10	<L.D.	<L.D.	404.47
CP2-01a	<L.D.	<L.D.	150.01	<L.D.	<L.D.	<L.D.	212.23	232.02	<L.D.	<L.D.	403.56
CP2-01b	12.27	<L.D.	119.17	<L.D.	<L.D.	<L.D.	253.60	216.10	<L.D.	<L.D.	455.03
CP2-01c	12.25	<L.D.	166.31	13.38	<L.D.	<L.D.	237.12	230.40	<L.D.	<L.D.	419.77
CP2-01d	9.68	<L.D.	98.13	<L.D.	<L.D.	<L.D.	236.26	215.43	<L.D.	<L.D.	325.07
CP2-02	14.08	<L.D.	163.78	<L.D.	<L.D.	<L.D.	313.94	225.52	<L.D.	<L.D.	370.40
CP2-02a	10.16	<L.D.	86.91	<L.D.	<L.D.	<L.D.	208.21	190.52	<L.D.	<L.D.	406.88
CP2-02b	12.23	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	278.77	286.15	<L.D.	<L.D.	453.31
CP2-02c	<L.D.	<L.D.	109.35	<L.D.	<L.D.	<L.D.	177.53	214.32	<L.D.	<L.D.	344.93
CP2-02d	10.88	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	159.63	280.18	<L.D.	<L.D.	381.87
CP3	10.65	<L.D.	85.22	<L.D.	<L.D.	<L.D.	234.74	227.05	<L.D.	<L.D.	438.94
CP3a	10.02	<L.D.	74.04	<L.D.	<L.D.	<L.D.	238.21	201.33	<L.D.	<L.D.	535.63
CP3b	12.77	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	217.18	262.37	<L.D.	<L.D.	469.20
CP3c	13.26	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	203.20	244.33	<L.D.	<L.D.	417.22
CP3d	<L.D.	<L.D.	120.63	<L.D.	<L.D.	<L.D.	249.84	283.17	<L.D.	<L.D.	433.77
CP4	8.61	<L.D.	278.06	<L.D.	<L.D.	<L.D.	126.57	199.63	<L.D.	<L.D.	331.69
CP4a	7.93	<L.D.	166.76	<L.D.	<L.D.	<L.D.	120.90	212.62	<L.D.	<L.D.	327.86
CP4b	7.91	<L.D.	168.81	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	186.87	<L.D.	<L.D.	339.05
CP4c	<L.D.	<L.D.	109.39	<L.D.	<L.D.	<L.D.	227.25	235.33	<L.D.	<L.D.	393.44
CP4d	<L.D.	<L.D.	217.50	<L.D.	<L.D.	<L.D.	211.43	189.17	<L.D.	<L.D.	361.46

CAMPO	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se	Ti	V
	mg/kg										
FE-03	55.48	<L.D.	<L.D.	<L.D.	31.78	<L.D.	67.47	147.66	<L.D.	<L.D.	150.58
FE-08	<L.D.	10.59	483.15	<L.D.	79.45	<L.D.	12.12	<L.D.	<L.D.	<L.D.	44.46
Concentrado Externo 3A	<L.D.	3.13	<L.D.	<L.D.	82.90	<L.D.	441.62	<L.D.	<L.D.	<L.D.	4576.64
Patio Mi11	<L.D.	<L.D.	226.96	<L.D.	<L.D.	<L.D.	205.03	172.07	<L.D.	<L.D.	752.64
Concentrado Pb	1095.01	30400.52	1309.56	287.51	202.36	755.60	<L.D.	429170.32	559.47	<L.D.	59.19
Concentrado Zn	301.16	879.23	<L.D.	108.26	75.16	157.31	<L.D.	7063.53	646.19	<L.D.	28.55
Concentrado Cu	1089.86	34984.60	1504.10	323.73	206.75	712.83	<L.D.	497913.59	654.62	<L.D.	52.48
Pelet Verde P3	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	132.95	<L.D.	<L.D.	424.92

Elementos de interés

Tabla 54. Concentraciones de elementos de interés de FRX en muestras de minerales de fuentes internas y fuentes externas del primer muestreo

CAMPO	Ca	Cu	Fe	K	Mn	S	Sn	Ti	Zn
	mg/kg								
CP1-01	3491.14	<L.D.	2291485.33	516.30	3530.69	<L.D.	36.61	2133.54	<L.D.
CP1-01a	26635.48	1138.07	1324133.42	557.42	2232.59	3805.24	35.07	1656.41	<L.D.
CP1-01b	4260.61	<L.D.	2343321.42	462.01	3988.79	<L.D.	41.82	1484.11	<L.D.
CP1-01c	4755.45	<L.D.	2481918.33	682.46	3673.81	<L.D.	67.82	1882.89	<L.D.
CP1-01d	28586.00	1134.58	1290986.34	707.46	2698.50	4519.39	31.79	1957.14	<L.D.
CP1-02	4193.72	<L.D.	2354428.92	549.33	3627.97	<L.D.	44.99	1775.94	<L.D.
CP1-02a	3085.91	<L.D.	2352266.08	563.97	3421.46	<L.D.	62.49	2175.20	<L.D.
CP1-02b	3509.66	<L.D.	2264231.83	549.74	3515.38	<L.D.	39.65	2279.29	<L.D.
CP1-02c	5170.40	<L.D.	2267801.83	591.74	3674.27	<L.D.	47.91	1611.23	<L.D.
CP1-02d	5303.41	<L.D.	2258213.17	588.11	3428.66	<L.D.	40.82	1919.19	<L.D.
CP1-03	4511.61	<L.D.	2171752.67	954.17	3405.90	<L.D.	38.48	1885.61	<L.D.
CP1-03a	4863.69	<L.D.	2337861.67	267.28	4660.90	<L.D.	47.21	1331.74	<L.D.
CP1-03b	6465.19	<L.D.	2197009.67	1792.31	3443.90	<L.D.	56.93	1892.64	<L.D.

CAMPO	Ca	Cu	Fe	K	Mn	S	Sn	Ti	Zn
	mg/kg								
CP1-03c	3008.01	<L.D.	2347720.25	494.43	3325.51	<L.D.	40.75	2074.02	<L.D.
CP1-03d	3287.82	<L.D.	2316035.92	507.88	3578.44	<L.D.	42.84	2332.64	<L.D.
CP2-01	6107.12	<L.D.	2214907.33	945.51	3762.81	<L.D.	50.91	1701.34	<L.D.
CP2-01a	7258.65	<L.D.	2220037.92	1335.41	3860.23	<L.D.	50.01	1707.87	<L.D.
CP2-01b	4860.66	<L.D.	2420920.58	680.84	3703.10	<L.D.	55.44	2036.91	<L.D.
CP2-01c	5131.35	<L.D.	2421477.83	768.93	3349.46	<L.D.	68.44	1661.61	<L.D.
CP2-01d	10312.02	<L.D.	2230121.08	497.43	4727.24	<L.D.	39.17	1512.26	<L.D.
CP2-02	4440.30	<L.D.	2393687.17	790.60	3373.44	<L.D.	55.41	2428.39	<L.D.
CP2-02a	5383.06	<L.D.	2238589.58	560.24	3132.78	<L.D.	36.17	1628.11	<L.D.
CP2-02b	3661.51	<L.D.	2362369.50	355.27	3270.27	<L.D.	42.33	1641.01	<L.D.
CP2-02c	4357.79	<L.D.	2287425.92	396.64	3235.24	<L.D.	39.43	2104.07	<L.D.
CP2-02d	2907.75	<L.D.	2330101.67	480.97	3225.99	<L.D.	43.48	2280.60	<L.D.
CP3	3345.82	<L.D.	2330970.08	301.29	3630.39	<L.D.	42.21	2326.93	<L.D.
CP3a	2362.98	<L.D.	2372911.17	271.28	3247.55	<L.D.	38.32	1701.54	<L.D.
CP3b	3360.42	<L.D.	2349299.75	321.82	3667.61	<L.D.	29.63	2031.21	<L.D.
CP3c	3609.09	<L.D.	2306677.25	333.70	3288.30	<L.D.	28.66	1463.79	<L.D.
CP3d	3511.41	<L.D.	2337195.00	377.08	3297.27	<L.D.	43.00	1657.29	<L.D.
CP4	4626.51	144.70	1665339.00	2689.64	2619.72	1484.32	59.42	1725.46	<L.D.
CP4a	3791.55	145.80	1425130.80	3373.55	2256.18	<L.D.	28.95	1906.53	<L.D.
CP4b	6431.98	163.50	1608829.04	2766.17	2782.84	1529.78	44.59	1854.73	<L.D.
CP4c	4208.04	<L.D.	2285977.83	461.90	3932.96	<L.D.	40.58	1344.16	<L.D.
CP4d	4708.19	95.64	1974968.67	1924.03	3311.53	1475.15	55.94	1663.43	<L.D.
FE-03	43158.00	842.15	655360.98	1076.97	5014.61	855.85	<L.D.	1529.77	<L.D.
FE-08	5025.80	23.77	13606.78	15939.42	301.73	161.89	<L.D.	1731.31	19.57
Concentrado Externo 3A	435.79	<L.D.	941.35	<L.D.	<L.D.	49923.11	<L.D.	419.37	13.95

CAMPO	Ca	Cu	Fe	K	Mn	S	Sn	Ti	Zn
	mg/kg								
Patio Mi11	13657.80	<L.D.	1604726.71	9148.41	2244.15	<L.D.	48.13	1268.14	<L.D.
Concentrado Pb	8497.94	34815.55	173977.44	2164.04	1527.85	24253.51	237.01	287.90	150729.20
Concentrado Zn	5579.34	244540.12	578975.69	1598.77	937.35	17956.36	30.37	205.03	25436.50
Concentrado Cu	9342.46	40437.16	210088.03	2391.44	1916.91	32153.11	260.87	290.82	172290.51
Pelet Verde P3	6740.05	47.40	1624847.67	570.52	2217.65	<L.D.	<L.D.	1670.63	<L.D.

pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica

Tabla 55. Resultados de propiedades fisicoquímicas de las muestras de minerales de fuentes interna y fuentes externas del primer muestreo

CAMPO	pH	(Ag/AgCl*)	C.E.
		mV	µS / cm
CP1-01	6.51	388.30	58.37
CP1-01a	5.82	407.37	117.97
CP1-01b	6.82	355.43	128.57
CP1-01c	7.30	264.20	79.67
CP1-01d	6.65	311.23	1426.33
CP1-02	7.25	272.90	126.43
CP1-02a	7.51	253.20	38.60
CP1-02b	7.64	239.67	62.00
CP1-02c	7.10	284.53	1007.33
CP1-02d	7.24	263.57	670.00
CP1-03	7.33	179.63	373.67
CP1-03a	6.88	155.87	145.33
CP1-03b	6.56	240.40	998.33
CP1-03c	7.38	210.30	53.43
CP1-03d	7.63	130.60	49.03
CP2-01	6.99	182.07	1226.33
CP2-01a	7.18	179.53	875.33
CP2-01b	7.47	173.03	488.33
CP2-01c	7.47	163.40	438.00
CP2-01d	7.52	158.13	663.67
CP2-02	6.32	193.37	1561.67
CP2-02a	6.57	188.17	785.00
CP2-02b	7.01	169.17	406.67
CP2-02c	6.87	169.17	584.33

CAMPO	pH	(Ag/AgCl*)	C.E.
		mV	μS / cm
CP2-02d	6.85	190.27	1098.00
CP3	7.17	193.13	263.00
CP3a	7.26	185.23	272.00
CP3b	7.46	183.63	194.63
CP3c	7.30	188.73	426.00
CP3d	7.32	196.83	586.67
CP4	5.27	291.73	1093.33
CP4a	4.81	301.43	526.33
CP4b	4.31	270.63	1100.33
CP4c	4.95	301.97	225.00
CP4d	4.35	238.00	817.67
FE-03	6.18	375.73	1055.33
FE-08	7.04	469.70	45.60
Concentrado Externo 3A	MUESTRA HIDROFÓBICA	MUESTRA HIDROFÓBICA	MUESTRA HIDROFÓBICA
Patio Mi11	6.97	426.13	23.27
Concentrado Pb	5.98	199.40	1589.00
Concentrado Zn	5.59	189.60	1788.00
Concentrado Cu	5.96	135.30	2096.67
Pelet Verde P3	6.22	140.40	351.33

5.2. Segundo muestreo

Fluorescencia de Rayos X

Elementos NOM-147-SEMARNAT/SSA-2004

Tabla 56. Concentraciones de elementos de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, de FRX en muestras de minerales de fuentes internas y fuentes externas del segundo muestreo

CAMPO	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se	Tl	V
	mg/kg										
mineral FI 1	<L.D.	<L.D.	299.32	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	408.01	<L.D.	<L.D.	384.29
CONC Prod	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	525.30
Escoria	<L.D.	1263.00	624.73	<L.D.	111.01	<L.D.	<L.D.	1542.36	<L.D.	<L.D.	<L.D.
Conc pulpa	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	298.28	<L.D.	<L.D.	449.17

Elementos de interés

41Tabla 57. Concentraciones de elementos de interés, de FRX en muestras de minerales de fuentes internas y fuentes externas del segundo muestreo

CAMPO	Ca	Cu	Fe	K	Mn	S	Sn	Ti	Zn
	mg/kg								
mineral FI 1	4930.76	370.93	1353280.45	4010.18	1639.80	<L.D.	<L.D.	3816.46	<L.D.
CONC Prod	3125.26	<L.D.	2403959.10	<L.D.	3274.28	<L.D.	<L.D.	1944.14	<L.D.
Escoria	5337.21	6871.58	892012.82	8110.41	1213.68	<L.D.	407.63	1508.29	9302.33
Conc pulpa	3059.84	<L.D.	2244438.60	<L.D.	3468.65	<L.D.	<L.D.	2032.06	<L.D.

pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica

Tabla 58. Resultados de propiedades fisicoquímicas de las muestras de minerales de fuentes internas y fuentes externas del segundo muestreo

CAMPO	pH	(Ag/AgCl*)	C.E.
		mV	uS / cm
mineral FI 1	6.41	261.40	261.40
CONC Prod	6.50	73.70	103.90
Escoria	7.99	105.33	6.62
Conc pulpa	6.72	92.77	194.93

5.3. Tercer muestreo

Fluorescencia de Rayos X

NOM-147-SEMARNAT/SSA-2004

Tabla 59. Concentraciones de elementos de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, de FRX en muestras de minerales de fuentes internas y fuentes externas del tercer muestreo

CAMPO	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se	Tl	V
	mg/kg										
PC-M	<L.D.	<L.D.	723.65	<L.D.	<L.D.	<L.D.	260.74	146.07	<L.D.	<L.D.	380.60

Elementos de interés

Tabla 60. Concentraciones de elementos de interés, de FRX en muestras de minerales de fuentes internas y fuentes externas del tercer muestreo

CAMPO	Ca	Cu	Fe	K	Mn	S	Sn	Ti	Zn
	mg/kg								
PC-M	9135.06	236.19	1699518.13	1330.57	3852.29	<L.D.	41.31	1273.96	<L.D.

6. Arenas

Fluorescencia de Rayos X

Elementos NOM-147-SEMARNAT/SSA-2004

Tabla 61. Concentraciones de elementos de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, de FRX en muestras de arenas

CAMPO	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se	Tl	V
	mg/kg										
a1	<L.D.	<L.D.	545.30	<L.D.	113.20	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a2	<L.D.	<L.D.	577.67	<L.D.	117.26	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a3	<L.D.	<L.D.	615.95	<L.D.	111.35	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a4	<L.D.	<L.D.	566.62	<L.D.	117.40	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a5	<L.D.	<L.D.	551.09	<L.D.	121.81	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a6	<L.D.	<L.D.	533.61	<L.D.	121.26	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a7	<L.D.	<L.D.	580.30	<L.D.	124.45	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a8	<L.D.	<L.D.	622.74	<L.D.	117.09	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a9	<L.D.	<L.D.	568.57	<L.D.	122.00	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a10	<L.D.	<L.D.	595.77	<L.D.	118.49	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	44.97
a11	<L.D.	<L.D.	588.40	<L.D.	119.29	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a12	<L.D.	<L.D.	617.37	<L.D.	120.80	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	41.95
a13	<L.D.	<L.D.	590.55	<L.D.	124.28	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a14	<L.D.	<L.D.	612.64	<L.D.	120.98	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	47.49
a15	<L.D.	<L.D.	527.00	<L.D.	120.80	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	47.47
a16	<L.D.	<L.D.	624.64	<L.D.	133.46	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a17	<L.D.	<L.D.	652.30	<L.D.	126.05	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a18	<L.D.	<L.D.	524.19	<L.D.	121.22	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a19	<L.D.	<L.D.	615.42	<L.D.	123.22	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	191.90
a20	<L.D.	<L.D.	574.10	<L.D.	109.16	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a21	<L.D.	<L.D.	510.88	<L.D.	114.19	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a22	<L.D.	<L.D.	665.61	<L.D.	118.22	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a23	<L.D.	<L.D.	670.13	<L.D.	116.84	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	151.00
a24	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	123.36	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a25	<L.D.	<L.D.	802.51	<L.D.	115.88	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.

Elementos de interés**Tabla 62. Concentraciones de elementos de interés, de FRX en muestras de arenas**

CAMPO	Ca	Cu	Fe	K	Mn	S	Sn	Ti	Zn
	mg/kg								
a1	10049.09	37.19	7444.21	9813.52	149.34	<L.D.	<L.D.	962.26	21.32
a2	<L.D.	32.70	7294.11	8116.46	149.51	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a3	9941.214	29.51	6724.40	7722.94	159.82	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a4	<L.D.	29.78	7344.04	7906.09	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a5	9189.294	32.55	7822.22	7055.27	170.67	<L.D.	<L.D.	807.85	<L.D.
a6	10853.35	33.24	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a7	<L.D.	31.48	<L.D.	7417.05	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a8	<L.D.	33.30	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a9	<L.D.	33.79	<L.D.	7983.59	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a10	<L.D.	34.22	9598.55	<L.D.	203.94	<L.D.	<L.D.	1151.36	20.38
a11	10362.28	33.89	<L.D.	7802.36	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a12	8950.98	33.13	7703.90	8161.19	158.05	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a13	<L.D.	30.14	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	21.58
a14	10645.82	36.06	11022.77	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a15	10093.13	35.25	<L.D.	6920.83	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a16	13076.43	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a17	11438.99	37.54	<L.D.	6921.18	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a18	12305.40	42.32	<L.D.	6486.35	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a19	14124.77	46.09	50343.33	6064.43	716.00	<L.D.	<L.D.	6027.73	<L.D.
a20	13413.57	37.37	<L.D.	6313.21	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a21	13166.91	41.25	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a22	12217.07	36.85	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a23	13127.33	38.94	36813.14	6183.47	583.41	<L.D.	<L.D.	4983.26	<L.D.
a24	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.
a25	<L.D.	32.59	8334.52	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.

pH, potencial eléctrico y conductividad eléctrica

Tabla 63. Resultados de propiedades fisicoquímicas de las muestras de arenas

CAMPO	pH	(Ag/AgCl*)	C.E.
		mV	μS / cm
a1	4.84	49.53	1329.33
a2	5.48	31.50	749.00
a3	5.64	34.50	897.00
a4	5.28	104.60	614.67
a5	5.53	47.17	660.33
a6	5.86	57.03	915.33
a7	5.95	58.23	682.00
a8	5.99	54.45	745.00
a9	5.95	59.90	1075.67
a10	6.01	53.90	982.00
a11	4.73	171.87	516.67
a12	5.18	153.50	490.67
a13	5.39	151.27	500.67
a14	5.51	146.53	582.67
a15	5.71	147.10	603.00
a16	5.84	138.20	469.67
a17	5.87	143.23	427.67
a18	5.65	144.57	427.67
a19	5.79	139.63	2270.00
a20	5.87	137.20	2076.67
a21	5.05	161.17	2236.67
a22	5.45	170.20	2263.33
a23	5.78	158.80	1302.00
a24	5.82	146.37	1754.00
a25	5.84	133.10	2526.67