

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS
DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”**

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

Plan de Investigación de fin de carrera titulado:

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE
LAS CENIZAS OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS
RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA
LIXIVIADO”**

Realizado por:

ANGÉLICA DE LAS MERCEDES CRUZ ANDRADE

Director del proyecto:

ING. KATTY CORAL

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERA AMBIENTAL

2014

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS
DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS
DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, ANGÉLICA DE LAS MERCEDES CRUZ ANDRADE, con cédula de identidad
número 1719253815, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado
es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a
calificación profesional; y, que ha consultado las referencias bibliográficas que
se incluyen en éste documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual
correspondientes a éste trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según
lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la
normativa institucional vigente.

.....
Angélica de las Mercedes Cruz Andrade

C.C: 1719253815

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS
DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

El presente trabajo de investigación titulado:

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS
CENIZAS OBTENIDAS DEL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS
SÓLIDOS URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

Realizado por:

ANGÉLICA DE LAS MERCEDES CRUZ ANDRADE

Como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERA AMBIENTAL

Ha Sido dirigido por el profesor

KATTY CORAL , MSc.

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor

.....

Katty Coral.

DIRECTORA

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS
DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

Los Profesores Informantes:

ING. JORGE OVIEDO

DR. CARLOS ORDOÑEZ

Después de revisar el trabajo presentado por la alumna,
ANGÉLICA DE LAS MERCEDES CRUZ ANDRADE
lo han calificado como apto para su defensa oral ante
el tribunal examinador

.....
Ing. Jorge Oviedo

.....
Ing. Katty Coral.

.....
Dr. Carlos Ordoñez

Quito, 01 de Septiembre de 2014

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS
DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a Dios y a María Auxiliadora, mi reina virgen, mis padres
del cielo.

A mi mamá, quien es realmente lo único cierto de horas inciertas y es la luz que
brilla siempre en mi camino. Mi orgullo, mi heroína, mi ángel en la Tierra, mi razón
de ser, Mi TODO.

A mi papá, el sostén de mis sueños, mis brazos de apoyo, mi empuje, mi seguridad
completa, mi lucidez, el amor que me llena la vida y el que vela por mi cada
segundo.

A mi hermano, mi extensión, mi pilar, mi mundo, mi persona favorita. Mi héroe
total.

Y a mi dulce abuelita Merceditas.

Los amo en lo infinito...

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS
DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Ordoñez por su acertada dirección de principio a fin a lo largo de la presente tesis. Su colaboración fue indispensable para la realización del presente trabajo.

A la Ing. Katty Coral y Al Ing. Esteban Oviedo quienes aportaron con sabiduría, paciencia y dedicación a la investigación.

A mi compañera Natalia Tobar por realizar el trabajo conjunto de muestreo y facilitar las cenizas, materia prima de la presente investigación.

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS
DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

RESUMEN

La presente investigación determinó la concentración de metales pesados en las cenizas resultantes del proceso de incineración de residuos sólidos urbanos del Distrito Metropolitano de Quito. El muestreo se lo realizó en días aleatorios por un período comprendido entre los meses de Abril, Mayo y Junio del 2014 en las Estaciones de Transferencia (ET2 Zámbriza) y Sur (ET1 Santa Rosa). La metodología utilizada para la extracción de los cinco metales analizados (Níquel, Zinc, Cobre, Manganeso, Plomo, Cadmio) de las cenizas, fue ataque ácido por Agua Regia para la metodología vía residuo, ensayo TCLP (Procedimiento de Lixiviación Característico de Toxicidad) para la metodología vía lixiviado, utilizando posteriormente la técnica de espectrofotometría de absorción atómica.

Se comprobó la presencia de metales pesados en la escoria (mayor concentración vía residuo: Zn, mayor concentración vía lixiviado: Pb) por lo cual no es posible una disposición final de las cenizas sin antes haber realizados un proceso previo de descontaminación o inertización. Se confirmó también como una opción válida el proceso térmico de incineración de RSU debido a que reduce el peso y el volumen de los mismos, mas en el caso de aplicarse, es necesario prever paralelamente un tratamiento a las cenizas resultantes debido a que las mismas poseen metales pesados: bioacumulables y tóxicos para el medio ambiente y el ser humano.

Palabras clave: Metales Pesados, Cenizas, Incineración, Residuos Sólidos Urbanos, Estación de Transferencia, Agua Regia, Ensayo TCLP

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS
DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

ABSTRACT

The present investigation determined the concentration of heavy metals in the ashes from the incineration of municipal solid waste of the Metropolitan District of Quito. Sampling was performed on random days, between the months of April, May and June 2014 on Transfer Stations (ET2 Zámboza) and (ET1 Santa Rosa). The methodology used for the extraction of the five metals analyzed (Nickel, Zinc, Copper, Manganese, Lead, Cadmium) on ashes was Agua Regia acid attack methodology, and TCLP test (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) for methodology via leachate, subsequently using the technique of atomic absorption spectrophotometry.

The presence of heavy metals (Zn, via leachate higher concentration: higher concentration via residue: Pb) was found in the slag so it is not possible the disposal of the ashes without having made a prior process of decontamination or inerting. Thermal processing was also confirmed as a valid option, because incineration reduces the weight and volume of the waste, but in the case of application, it is necessary to provide parallel treatment of the resulting ashes because they possess heavy metals that are bioaccumulative and toxic to the environment and humans.

Keywords: Heavy Metals, Ash, Incineration, Municipal Solid Waste, Transfer Station, Agua Regia, TCLP test

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

Tabla de Contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	12
1.1.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.1.4 OBJETIVO GENERAL.....	12
1.1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
1.1.6 JUSTIFICACIONES.....	13
1.2 MARCO TEÓRICO	16
1.2.1 ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO SOBRE EL TEMA	16
1.2.2 ADOPCIÓN DE UNA PERSPECTIVA TEÓRICA	17
1.2.3 MARCO CONCEPTUAL.....	17
1.3. MARCO LEGAL.....	25
1.4 HIPÓTESIS.....	26
1.5 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES	26
II MÉTODO.....	26
2.1 NIVEL DE ESTUDIO	26
2.2 MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN	27
2.3 MÉTODO.....	27
2.3.1 FASE DE CAMPO	27
2.3.2 FASE DE LABORATORIO	29
2.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	38
2.5 SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	39
2.6 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS	39
2.7 PROCESAMIENTO DE DATOS.....	39
III RESULTADOS.....	39
3.1 Levantamiento de datos	39

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”	
Presentación y análisis de resultados.....	41
3.3 Lectura de Metales por Espectrofotómetro y su resultado.....	43
3.4 CÁLCULO PARA PASAR LECTURA POR ESPECTROFOTÓMETRO EN MG/L A RESULTADO EN MG/KG (VÍA RESIDUO) Y MG/L (VÍA LIXIVIADO)	51
3.5 COMPARACIÓN ENTRE EL PESO DE LAS CENIZAS ANALIZADAS Y EL RESULTADO DE SU REPRESENTACIÓN REAL LLEVADA A KG DE RESIDUO (VÍA RESIDUO) Y LITROS DE SOLUCIÓN (VÍA LIXIVIADO).	¡Error! Marcador no definido.
3.6 Datos Estadísticos.....	¡Error! Marcador no definido.
3.7 Fecha Muestreo Cenizas vs. Peso Inicial TOTAL (g):	¡Error! Marcador no definido.
3.8 Lectura de metales vs Resultado	¡Error! Marcador no definido.
IV. DISCUSIÓN	¡Error! Marcador no definido.
4.1 Comparación de la Concentración vía residuo y vía lixiviado ...	¡Error! Marcador no definido.
4.2 Los niveles más altos de concentración de metales pesados se encuentran en el Cobre (vía residuo) y el plomo (vía lixiviado)	¡Error! Marcador no definido.
4.3 Concentraciones máximas:.....	¡Error! Marcador no definido.
4.4. Conclusiones	72
4.5 Recomendaciones	76
V MATERIALES DE REFERENCIA (BIBLIOGRAFÍA).....	76
5.1 Anexos.....	79

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS
DE LAS CENIZAS OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE
LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA
LIXIVIADO.**

INTRODUCCIÓN

“Cada 24 horas se producen en el mundo, aproximadamente, 4 millones de toneladas de residuos sólidos domésticos, urbanos e industriales, lo que supone, dada una densidad media de 200 kg/m³, unos 20 millones de metros cúbicos”. (López et al, 1980).

En lo que respecta a residuos sólidos urbanos (RSU), la Secretaría de Ambiente, es la autoridad rectora de la gestión ambiental integral en el territorio del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). Se considera como gestión de RSU al conjunto de operaciones que se realizan con los mismos (generación, recolección, transporte, tratamiento y disposición final). Secretaria de Ambiente. (s.f.).

La gestión ambiental en cuanto a RSU se refiere, inicia con la Empresa Pública Metropolitana de Aseo de Quito, EMASEO EP, instancia municipal encargada del barrido y recolección de residuos sólidos domiciliarios e industriales no peligrosos en las 32 parroquias del área urbana y en las 33 parroquias rurales que conforman el DMQ. Cubriendo así un área aproximada de 248.000 hectáreas y a una población de alrededor de 2500.000 habitantes. (EMASEO, 2012)

Las Estaciones de Transferencia: Norte (ET2 Zámbriza) y Sur (ET1 Santa Rosa) reciben los residuos luego de ser recolectados, para posteriormente ser dispuestos en el relleno sanitario de El Inga, donde se lleva a cabo el tratamiento y disposición final de los mismos.

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”**

La Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de los Residuos Sólidos EMGIRS EP, es la empresa municipal que se encarga de la operación de las Estaciones de transferencia y del Relleno Sanitario Q (El Inga).

El manejo de los RSU es uno de los principales problemas ambientales de los municipios. La mayoría de residuos urbanos en el DMQ se desechan sin una separación previa que los haga viables para el reciclaje. Esto, junto al aumento de la generación de residuos, fruto del incremento demográfico acelerado, ha sobrepasado su capacidad de manejo. Lo que ha tornado creciente la utilización de malas prácticas o carencias en todos los segmentos del proceso de gestión de RSU (reducción, separación, recolección, transferencia, transporte y disposición final). Lo cual representa un gran riesgo para la salud y la calidad de vida, así como una constante amenaza para los ecosistemas. (Atlas ambiental DMQ, 2008).

1.1 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

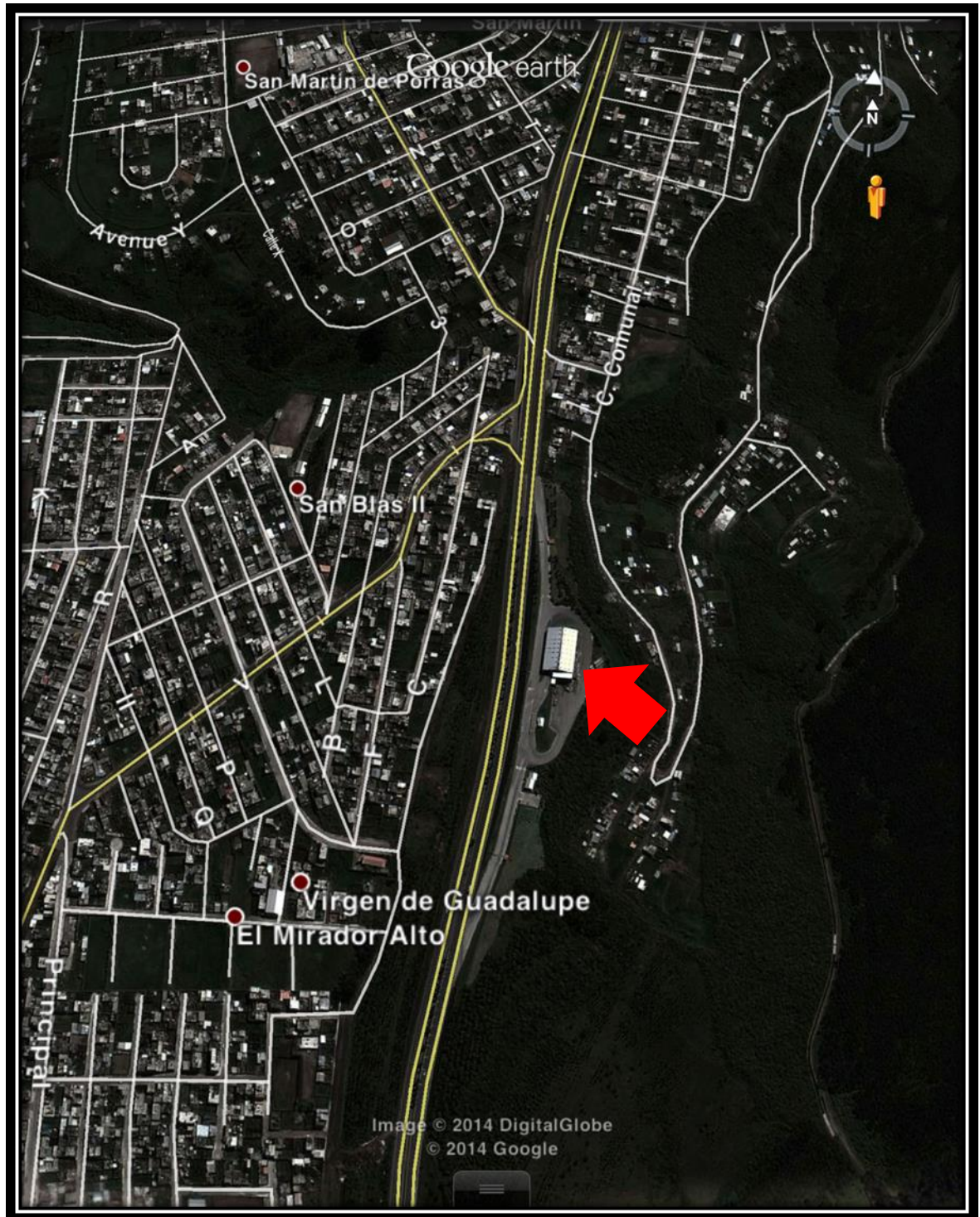
El presente estudio se realizó con muestras de residuos sólidos urbanos de las dos estaciones de transferencia existentes, es necesario especificar que en el DMQ existen dos centros de transferencia:

La Estación de Transferencia Sur o “ET1” (Av. Simón Bolívar y Tambo del Inca, Barrio San Martín) que recibe los residuos recolectados en la zona sur y parte del centro del DMQ.

Imagen No. 1

ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA SUR O “ET1”

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”



Fuente: Google Earth, 2014

Dirección: Av. Simón Bolívar y Tambo del Inca, Barrio San Martín

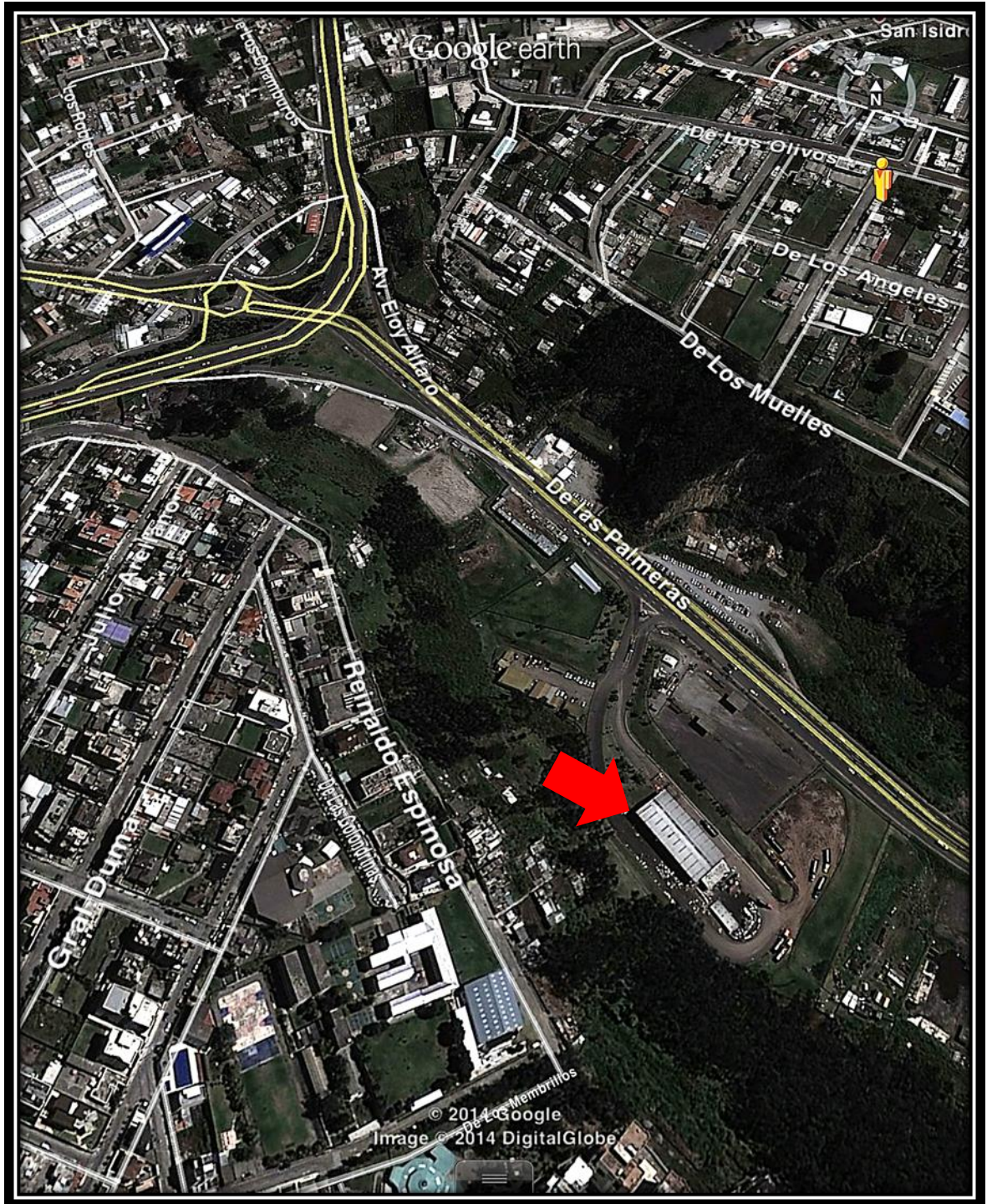
“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

La Estación de Transferencia Norte o “ET2” (antiguo botadero de Zámbriza)
recibe los residuos recolectados de la zona norte y gran parte del centro del
DMQ.

Imagen No. 2

ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA NORTE O “ET2”

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”



Fuente: Google Earth, 2014

Dirección: Av. De las Palmeras y Eloy Alfaro

La capacidad de “ET2” es ligeramente mayor, recibiendo 800 ton/día mientras que “ET1” cuenta con 700 ton/día. Cabe recalcar que en “ET2” aproximadamente 220 personas realizan procesos de separación de residuos

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

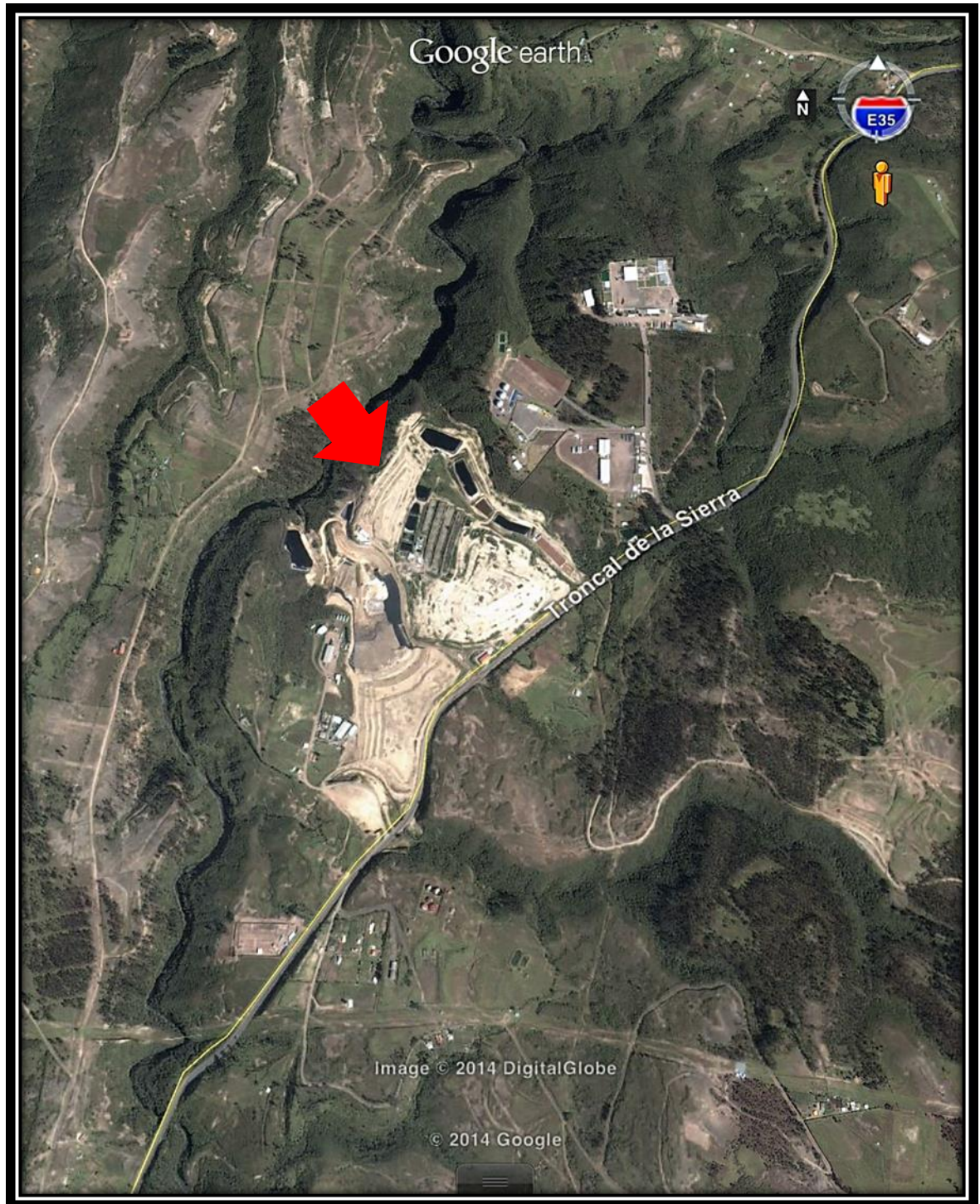
técnicamente inadecuados, ya que se encargan de coleccionar manualmente el papel, chatarra y cartón de los residuos depositados por los camiones recolectores. Este proceso de separación comprende el 3% de los residuos generados en total en el DMQ (Fondo Ambiental del Distrito del DMQ y FLACSO, 2011).

Las Estaciones de Transferencia fueron creadas para lograr una reducción de costos, optimizar la recolección y aumentar la cobertura de servicio. (Orellana, 2012, pg. 7). En ellas se reciben los residuos sólidos asimilables a domésticos no peligrosos recogidos en camiones recolectores de la Empresa Municipal de Aseo de la Ciudad y vehículos particulares autorizados por la Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito a lo largo de las diferentes zonas de la ciudad. En las Estaciones de transferencia se compactan los desechos en vehículos de mayor tamaño, y se realiza el traslado a su disposición final, la cual es El Relleno Sanitario Q.

Imagen No. 3

RELLENO SANITARIO Q, EL INGA

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”



Fuente: Google Earth, 2014

Dirección: A 45 km de la ciudad de Quito, dentro de una zona industrial de alto impacto, en el sector de El Inga Bajo, entre Pifo y Sangolquí, sobre la vía E35.

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”**

El mecanismo de disposición de residuos sólidos es el mismo que se ha venido desarrollando desde el 2003, es decir, a través de tractocamiones que depositan la basura en capas de aproximadamente 50 a 60 cm. Los residuos depositados son cubiertos con una capa de tierra compactada de 10 a 15 cm de espesor, de modo que los residuos cubiertos alcanzan una densidad promedio de 0,9 a 1,1 ton/m³.

El relleno sanitario cuenta con chimeneas insertadas desde el inicio de la celda, con el objeto de captar el gas metano producido, un sistema que recoge los lixiviados en piscinas para su tratamiento posterior y drenajes de recolección de aguas lluvias y aguas freáticas (Atlas Ambiental del Distrito Metropolitano de Quito, 2008).

Como podemos observar a lo largo de todo el proceso de gestión ambiental quiteño no existen procesos de análisis de RSU, ni la implementación de otras tecnologías para tratarlos.

Dentro del DMQ no se cuenta con ningún otro método municipal de disposición final de RSU más que el existente relleno sanitario Q (El Inga). En el caso de analizar e implementar la opción de incineración como un método viable y eficaz de disposición final de RSU, es necesario conocer la cantidad de metales pesados y la capacidad de lixiviación que tienen las cenizas resultantes de este proceso. Para poder discernir la mejor disposición de las mismas.

1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, el DMQ no cuenta con datos precisos ni actualizados, de la composición físico-química de los RSU existentes en los centros de transferencia “ET1” y “ET2”. Por lo que desde hace algunos años la facultad de Ciencias Ambientales viene realizando el proyecto de vinculación con la colectividad titulado “Valoración físico-química de los residuos sólidos urbanos del Distrito Metropolitano de Quito con fines de aprovechamiento energético y reducción de gases de efecto invernadero”, el mismo que pertenece a la Universidad Internacional SEK y es liderado por la Ingeniera Katty Coral.

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

He aquí las partes constituyentes del proyecto:

- Composición y densidad de los residuos sólidos urbanos del DMQ.
- Cuantificación de porcentaje de humedad y cenizas de los residuos sólidos urbanos del DMQ.
- Análisis de los residuos sólidos urbanos del DMQ para cuantificación de carbono y metano como gas de efecto invernadero.
- Diseño e implementación del proyecto de educación ambiental para el aprovechamiento energético de RSU en el DMQ.

Donde en la presente investigación, a partir de las cenizas obtenidas del proceso de incineración del proyecto de fin de carrera de Natalia Tobar, se adquirió la información sobre la cantidad de metales pesados que dichas cenizas poseen.

El único método de disposición final con el que actualmente cuenta el DMQ es el relleno sanitario, por lo que se torna indispensable implantar iniciativas distintas, que prevean varias formas de gestión y disposición final de los RSU. En el caso de implementarse el método de incineración de RSU en el DMQ, es pertinente conocer la composición y caracterización de las cenizas, por medio de la determinación de la concentración de metales pesados, con el objetivo de conocer como disponer de las mismas.

1.1.1.1 DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

La incineración de RSU supone actualmente una de las soluciones que se aplican para la gestión de dichos residuos. El visible aumento de la producción de RSU hace previsible el crecimiento y la creación progresiva del número de incineradoras, con el consiguiente aumento de la producción de cenizas de fondo y de cenizas volantes, residuos que, en caso de no aprovecharse, deberán ser sometidos a tratamientos que eviten posteriores problemas medioambientales. (Ribeiro et al, 2002, pg. 110).

Gráfico No. 1

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

RSU INCINERABLES



Elaborado por: Angélica Cruz.

La incineración de RSU se presenta hoy en día como uno de los procesos térmicos capaces de aplicarse en el tratamiento de los residuos sólidos urbanos para disminuir su cantidad y aprovechar la energía que contienen. Mediante este proceso, se podría reducir en gran medida el peso (75%) y el volumen (90%) de los residuos a tratar y, además, obtener energía (poder calorífico). (Romero, (n.f.))

Esto nos da a notar que la aplicación de esta tecnología (incineración), como procedimiento alternativo al vertedero controlado, podría llegar a ser una opción provechosa para el tratamiento de los residuos sólidos urbanos siempre y cuando sea gestionada adecuadamente.

Los metales pesados no se destruyen por la incineración sino que simplemente se concentran en las cenizas resultantes, las concentraciones de metales pesados en las cenizas son altamente dependientes de las cantidades de estos metales en los desechos que se incineran.

“Los metales pesados ejercen un extenso rango de efectos tóxicos para los humanos, vida acuática, terrestre, y plantas. Varios de estos metales también tienen el potencial de bioacumularse, incluyendo el cadmio, cromo, plomo, mercurio y zinc”. (USPHS 1997, Kimbrough et al. 1999, MINDEC 1995).

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”**

Con las cenizas obtenidas de un proceso de incineración previo, la finalidad de esta investigación fue determinar la concentración de metales pesados en la escoria ya antes mencionada, y con esta información discernir cual será el futuro de las mismas: descontaminación, inertización, etc. Es decir, como disponer o que procedimiento seguir con las cenizas post incineración.

1.1.1.2 PRONÓSTICO

La gestión actual en cuanto al manejo de los RSU dentro del Distrito resulta ineficiente debido al crecimiento exponencial que experimenta la población, a la gran cantidad de residuos generados y a la composición de los mismos. Tal como lo determinó Malthus (1798), “las necesidades aumentan geométricamente mientras que los recursos lo hacen de forma aritmética en relación al tiempo “(p. 6). Por lo tanto, resulta de vital importancia la implementación de nuevos tipos de tratamientos dentro del manejo de los residuos. Siendo este el caso de la incineración, resulta de gran interés determinar la concentración de metales pesados que contienen las cenizas obtenidas del proceso de incineración de los RSU, así como también las potenciales concentraciones de los mismos en los lixiviados.

El proceso de incineración de los RSU es un método válido para la disminución del volumen de los RSU generados en el DMQ.

1.1.1.3 CONTROL DE PRONÓSTICO

Es ineludible evaluar la concentración de metales pesados en las cenizas resultantes de la incineración de los RSU del DMQ, ya que existe la necesidad de cubrir la falta de información existente, la misma que podrá ser el punto de partida para la adopción de nuevas políticas y medidas permanentes para las acciones post incineración y disposición final de las mismas.

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”**

El presente trabajo constituirá un aporte para determinar si el proceso de incineración en el escenario que presenta la gestión de residuos de la ciudad, es factible.

1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la concentración de los metales pesados en las cenizas generadas del proceso de incineración de RSU del DMQ?

¿Cuál es la concentración de metales pesados capaces de lixiviar desde las cenizas?

¿Qué posibles usos se le pueden dar a las cenizas?

1.1.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

✓ ¿La concentración de metales pesados que presentan las cenizas resultantes del proceso de incineración de RSU del DMQ necesitan de un proceso de inertización o pueden ser dispuestas sin ningún tipo de tratamiento previo en el ambiente?

✓ ¿El ensayo TCLP para análisis de cenizas vía lixiviado, (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) es un proceso eficaz para este tipo de estudio?

✓ ¿El proceso de digestión química (Método de Agua Regia) por vía húmeda, en un sistema abierto a presión atmosférica (para análisis vía residuo) es un proceso eficaz para este tipo de estudio?

1.1.4 OBJETIVO GENERAL

1.1.1.1. Determinar la concentración de metales pesados en muestras de cenizas obtenidas del proceso de incineración de los residuos sólidos urbanos en las estaciones de transferencia “ET1” y “ET2” del DMQ, vía residuo y vía lixiviado.

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

1.1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.1.1.2. Validar la metodología escogida para determinar la concentración de metales pesados en las cenizas provenientes de la incineración de los RSU del DMQ.
- 1.1.1.3. Validar la metodología escogida de lixiviación para determinar la concentración de metales pesados capaces de lixiviar en las cenizas provenientes de la incineración de los RSU del DMQ.
- 1.1.1.4. Precisar la necesidad de un tratamiento previo para las cenizas post incineración o si se las puede disponer sin ningún tipo de tratamiento anterior en el ambiente. Es decir, determinar posibles tratamientos precedentes a la disposición final de las cenizas.
- 1.1.1.5. Proporcionar información para futuros estudios sobre el proceso de incineración de RSU del DMQ como una opción válida para la disposición final de residuos.

1.1.6 JUSTIFICACIONES

“Los residuos no solamente constituyen un problema medioambiental, sino que también son un recurso que se debe explotar de modo eficaz desde el punto de vista del medio ambiente.” (Ministerio Danés del Medio Ambiente y Energía, 1999)

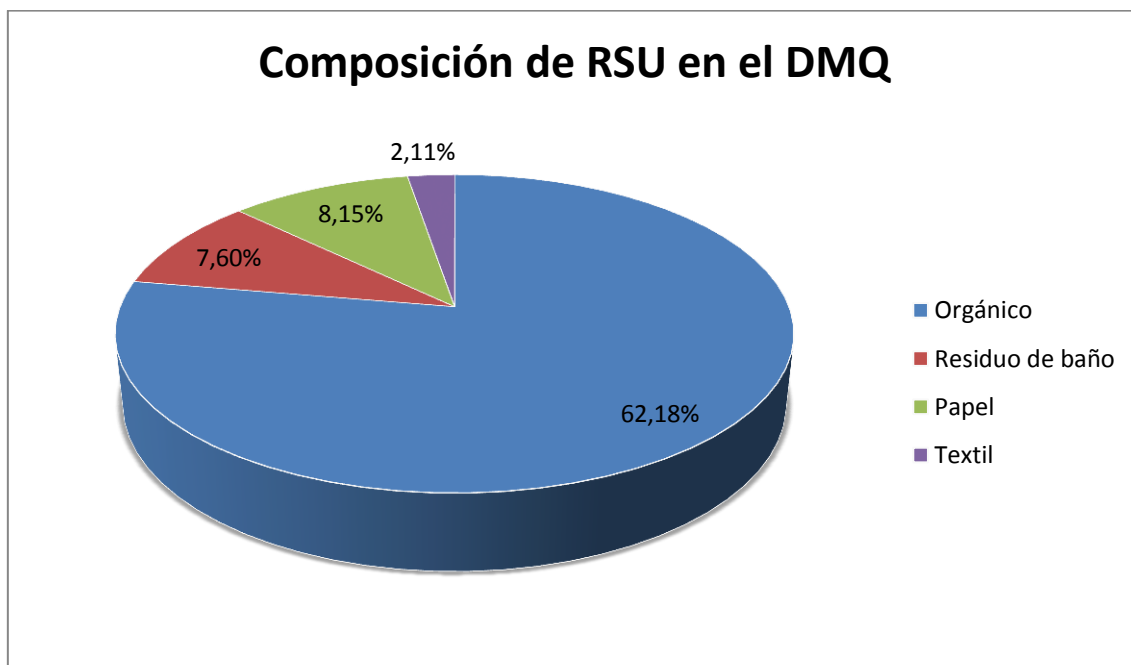
Según el Ing. Luis Mayorga, Gerente General de la EMGIRS-EP, para Junio del 2014, en el distrito metropolitano de Quito se registra una generación en promedio de 2000 toneladas de basura por día, de las cuales la EMASEO logra recolectar 1950 toneladas del predio urbano, es decir, el 97,5% del total; y las 50 toneladas restantes corresponden a sectores a los que no se tiene fácil acceso para los camiones recolectores y que usan diversas formas para su disposición. Finalmente, concluye que a los rellenos sanitarios llegan cerca de 2200 toneladas de basura diariamente al sumarle los desechos hospitalarios, desechos industriales y la basura del Cantón Rumiñahui. En términos generales, la generación per cápita de residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito para el año 2012 fue de 0,85 kg/hab por día (Castillo, 2012,p.15), y para el presente año 2014, se estiman que son 1,35 kg/hab por día. El poder calórico superior en la ET2 es de 2188,74 cal/g y el poder calórico inferior es de 2060,15

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

cal/g, mientras que el poder calórico superior en laET1 es de 2115,74 cal/g y 1975,93 cal/g su PCI. (Rivadeneira, 2014)

Gráfico No.2

Composición de RSU en el DMQ



Elaborado por: Angélica Cruz. Fuente: Orellana, 2012, pg. 26.

La incineración de residuos, en países como Dinamarca, se realiza cuando éstos no son reutilizables y cuando los productos residuales de la incineración no causan problemas medioambientales.

La jerarquía de residuos en países industrializados como este, prioriza la reutilización a la incineración con explotación de energía, y como la menor prioridad, el depósito. (Ministerio Danés del Medio Ambiente y Energía, 1999)

Gráfica No. 3

Jerarquía para el manejo de residuos

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”



Elaborado por: Angélica Cruz. Adaptado de varios autores.

En contraste, en el DMQ no existe un sistema eficaz que incentive a la explotación de recursos procedentes de los residuos, que comprenda tanto la prevención como la gestión de residuos. Es necesario implantar iniciativas distintas, que prevean varias formas de gestión y disposición final de los RSU.

En el DMQ, no se cuentan con estadísticas precisas de generación de residuos sólidos recientes, ni contaminantes relacionados con estos, más bien se han estado realizando estimaciones globales de estos parámetros, por esto, existe la creciente necesidad de cubrir esta falta de información, misma que podrá ser el punto de partida para la adopción de políticas permanentes de obtención de información de calidad y cantidad de los residuos en el DMQ, de manera tal que se pueda planificar adecuadamente los diferentes componentes del sistema de aseo y de gestión, así como también de su disposición final. (Pazmiño, 2012).

La mayoría de metales pesados son persistentes (resistentes a la degradación en el ambiente), bioacumulables (en tejidos de organismos vivos) y tóxicos, estas propiedades los convierte en contaminantes problemáticos y peligrosos.

Es de vital importancia la investigación técnica y científica para conocer la concentración de metales pesados contenidos en las cenizas de los residuos

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

sólidos urbanos, de las Estaciones de transferencia de Zámbriza y Santa Rosa del DMQ, para conocer sus potenciales efectos al ambiente y a la salud humana.

1.2 MARCO TEÓRICO

1.2.1 ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO SOBRE EL TEMA

La presente investigación se refiere a un procedimiento de extracción de metales pesados contenidos en cenizas procedentes del tratamiento térmico dado a los RSU del DMQ en los laboratorios de la Universidad Internacional SEK. Las principales vías de tratamiento previstas para resolver este problema se explican a continuación:

Se han realizado varios estudios tanto en el Ecuador como en otros países que han determinado la concentración de metales pesados vía húmeda.

-Oviedo (2000), investigó residuos puzolánicos del proceso de combustión de desechos, principalmente sólidos, producidos por un campamento creado para la exploración y explotación de petróleo (empresa OCCIDENTAL), ubicados en la Amazonía Ecuatoriana. Oviedo realizó ensayos físico-químicos para caracterizar las cenizas. Para materiales solidificados efectuó una caracterización vía lixiviado con el fin de determinar la concentración de metales pesados y su índice de calidad ambiental. Oviedo utilizó el ensayo TCLP (procedimiento de lixiviación característico de toxicidad) para clasificar a un residuo como peligroso si el extracto obtenido superaba alguno de los límites establecidos para 8 elementos metálicos en concentraciones 100 veces superiores a las permitidas para el agua de consumo humano.

-González, Tornero, Ángeles y Bonilla (2009) analizaron “*La concentración total y especiación de metales pesados en biosólidos de origen urbano*”. Con el objetivo de evaluar el potencial riesgo a la salud y al ambiente, evaluaron muestras de lodos residuales producidos en una planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en la ciudad de Puebla (México). La especiación de metales pesados (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn) se llevó a cabo usando un procedimiento de extracción secuencial. La finalidad de este estudio fue determinar las concentraciones en

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

las fracciones biodisponibles. Se obtuvieron las concentraciones totales de metales pesados por medio de una digestión ácida en sistema cerrado y fueron determinadas por espectrofotometría de absorción atómica.

- F, Robles et al. (2011) en su estudio llamado *“Medición de pH y cuantificación de metales pesados en los lixiviados del relleno sanitario más grande de la zona Metropolitana de la ciudad de México”* valoró la concentración de Pb, Ni, Cr, Ag, Cd, Hg, Se y Ba en los lixiviados de las cuatro etapas que componen el relleno sanitario Bordo Poniente de la ciudad de México. Con la intención de degradar la materia orgánica presente en las muestras de lixiviado, y así facilitar la solubilización de los metales, cada una de las muestras fueron sometidas a una digestión con HNO₃ concentrado.

- Herrera (2012) de la universidad Talca en Chile, determinó metales pesados en lixiviados de valvas de bivalvos provenientes de la zonas costeras del sur de Chile. La determinación de metales, se realizó por Espectroscopia de Absorción Atómica (EAA) con técnica de llama, previo tratamiento químico de las muestras (digestión ácida para la masa visceral y lixiviación para las correspondientes valvas). Con el objetivo de investigar la calidad del plato típico preparado con varias especies de bivalvos, consumido ampliamente en todo el país.

1.2.2 ADOPCIÓN DE UNA PERSPECTIVA TEÓRICA

Las muestras recolectadas en las estaciones de Transferencia ET1 y ET2 del DMQ, fueron sometidas a un proceso de incineración en mufla.

En las cenizas calcinadas resultantes del proceso anterior, se analizará la concentración de metales pesados vía residuo (Método del Agua Regia) y vía lixiviado (Ensayo TCLP).

1.2.3 MARCO CONCEPTUAL

1.2.3.1 Estaciones de Transferencia

Son instalaciones intermedias que reciben los residuos de aquellos municipios o localidades en los que las distancias a los centros de

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

procesamiento o a las zonas de evacuación son tan grandes que vuelven el transporte directo económicamente inviable. Gracias a estas, es posible incrementar la eficiencia global de los servicios de gestión de los residuos municipales al racionalizar y optimizar los costes de recogida y eliminación de los residuos, los tiempos de transporte y la utilización intensiva de equipos y recursos humanos. (Sarzoza, 2013).

Las Estaciones de Transferencia tienen un rol fundamental en el Sistema de Gestión de RSU, su objetivo es hacer más eficiente la distribución de la basura dentro de una comunidad, reduciendo tiempo, costos y mitigando los impactos socio ambientales. (EMGIRS – EP, 2014).

1.2.3.2 Estación de Transferencia Norte (ET2)

Según la Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de los Residuos Sólidos EMGIRS EP, la Estación de Transferencia Norte, es una estación de descarga y almacenamiento de alta capacidad donde se receptan los residuos generados por la zona centro-norte del Distrito Metropolitano de Quito.

La separación de residuos es realizada de forma manual por la Asociación “Vida Nueva”, la cual está compuesta por 225 recicladores. Posteriormente los desechos no reciclados, son evacuados mediante la utilización de equipos auxiliares hacia los tracto camiones, que los transportan para la disposición final en el Relleno Sanitario de Quito. Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de los Residuos

1.2.3.3 Estación de Transferencia Sur (ET1)

Según la Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de los Residuos Sólidos EMGIRS EP, la ET1 es una estación de carga directa de alta capacidad con compactadora de desechos, donde se receptan los residuos generados en la zona sur del Distrito Metropolitano de Quito.

Tiene una superficie de 1800 m². Los residuos que ingresan son depositados temporalmente en el galpón de transferencia y mediante una cargadora frontal se los empuja hacia la tolva, que conecta

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

directamente con el sistema de compactación de residuos, para reducir el volumen y optimizar su transportación.

1.2.3.4 Residuos Sólidos Urbanos

Tchobanoglous et al, (1998) define como residuos sólidos a todos los residuos que provienen de actividades animales y humanas, que normalmente son sólidos y que son desechables como inútiles o superfluos. Afirma que en el ámbito urbano, la acumulación de residuos sólidos es una consecuencia directa de la vida.

Henry y Heinke (1996), los definen como aquellos desperdicios que no son transportados por agua y que han sido rechazados porque ya no se van a utilizar.

Los residuos sólidos urbanos son aquellos que se generan en los espacios urbanizados como consecuencia de las actividades de consumo y gestión de actividades domésticas, los residuos están formados por un grupo de materiales de muy distinto origen. Su producción y caracterización viene condicionada por factores demográficos y económicos. Tales como las características socioeconómicas del país, los hábitos de la población o las variaciones estacionales. Por ello el conocer la composición y la tasa de generación resulta fundamental para el diseño y operación de los sistemas de gestión. (Sarzosa, 2013).

1.2.3.5 Incineración

Castells (2012) entiende por incineración al proceso por el cual se someten los materiales sólidos y líquidos sean residuales o no a un régimen de temperaturas medias (850 -1200 °C). Durante este proceso y por efecto de la temperatura, se llevan a cabo reacciones de oxidación exotérmica propias de los materiales. Los materiales son reducidos en presencia de exceso de oxígeno suficiente para que casi toda la fracción orgánica presente pase a la forma gaseosa, los compuestos oxidables a

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

esa temperatura se combinan con el oxígeno, y la fracción inorgánica se reduce a escorias y cenizas.

Martínez (2005) afirma que el mayor cuestionamiento que se le hace a esta tecnología es la generación de dioxinas y furanos durante el proceso, las cuales son emitidas a la atmósfera. A efectos de minimizar las emisiones de estas sustancias altamente tóxicas, es necesario reducir el contenido de cloro en los residuos, realizar un adecuado acondicionamiento térmico de los gases luego de la combustión y emplear filtros para la retención de estos productos. Esta tecnología permite tratar la mayoría de los residuos sólidos peligrosos, incluyendo residuos químicos y de medicamentos, pero no los desechos radiactivos ni los contenedores presurizados.

1.2.3.6 Método de “Agua Regia”

La mezcla de HCl (ácido clorhídrico) con HNO₃ (ácido nítrico) es conocida con el nombre de agua regia, es un importante disolvente de sulfuros metálicos, Au y Pt. Es una combinación de poder oxidante y complejante, al que se suma el de ácido propiamente dicho.

En algunos casos se puede reemplazar la acción oxidante del HNO₃ por KClO₃.

1.2.3.7 Procedimiento de digestión por vía húmeda en Sistema Abierto

El método de “Agua Regia” fue realizado en un procedimiento por vía húmeda, que conlleva la descomposición de muestras empleando ácidos oxidantes, solos o en mezclas, en sistemas abiertos a presión atmosférica. Se suelen emplear además, agentes oxidantes auxiliares, tal es el caso del peróxido de hidrógeno, los que destruyen la materia orgánica transformando la muestra en un residuo compuesto por sales que son fácilmente solubles en ácidos diluidos.

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

1.2.3.8 Ensayo TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*)

“El ensayo TCLP (procedimiento de lixiviación característico de toxicidad) ha sido diseñado para determinar la característica de toxicidad por lixiviación de un residuo, sea este líquido, sólido o una mezcla de estas fases, a partir de un análisis practicado a una muestra del lixiviado o extracto del mismo obtenido bajo ciertas condiciones estándares. En definitiva, el procedimiento consiste en determinar la movilidad en el residuo de determinados constituyentes tóxicos, sean estos elementos químicos o compuestos, tanto de origen orgánico como inorgánico.”

(Red Salud, 2012)

1.2.3.9 Espectroscopía de absorción atómica

Según Walton y Reyes (2005) la espectroscopía de absorción atómica es un método para la detección y la determinación de elementos químicos, particularmente de elementos metálicos. Los compuestos, para su examen, se tienen que romper en los átomos que los constituyen. Ello se realiza por pulverización en una llama a alta temperatura. Un rayo luminoso de una cierta longitud de onda, producida por un tipo especial de lámpara, se dirige a lo largo del eje longitudinal de una llama plana y hacia un espectrofotómetro. Simultáneamente, la solución de la muestra es aspirada hacia el interior de la llama. Antes de entrar en esta, la solución es dispersada formando una niebla de gotitas muy finas, que se evaporan en la llama dando inicialmente la sal seca y luego el vapor de la sal, el cual se disocia, por lo menos en parte, en átomos del elemento que se desea determinar.

1.2.3.11 Metales pesados

La Ecured define como metales pesados a aquellos cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que la del agua. El término metal pesado hace referencia a cualquier elemento químico metálico que tenga una

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en bajas concentraciones. Son componentes naturales de la corteza de la Tierra. No pueden ser degradados o ser destruidos. En un grado pequeño se incorporan al cuerpo humano vía el alimento, el agua potable y el aire. Como elementos de rastro, algunos metales pesados son esenciales para mantener el metabolismo del cuerpo humano. Sin embargo, en concentraciones más altas pueden conducir al envenenamiento. Debido a su diferente nivel de toxicidad en el cuerpo humano y afectación al medio ambiente, es necesario que sean estudiados y analizados individualmente:

1.2.3.12 Cadmio

La Organización Mundial de la Salud (OMS) (1980) en su informe de *“Límites de Exposición Profesional a los Metales pesados que se recomiendan por razones de salud”* selecciona al cadmio como una de las sustancias de máxima prioridad por su distribución, abundancia y frecuencia de exposición. Afirma que el cadmio es un componente común de las aleaciones de bajo punto de fusión. Se encuentra en el uso de materiales de soldadura, en las industrias de revestimientos metálicos, la producción y utilización de pigmentos de cadmio y de estabilizadores plásticos con contenido de cadmio y la fabricación de pilas de níquel-cadmio.

Los efectos tóxicos de la exposición a largo plazo son disfunción renal y trastornos pulmonares. Modificaciones óseas, anemia leve y anosmia.

1.2.3.13 Plomo

El plomo también forma parte de los metales seleccionados por la OMS (1980) como sustancia de máxima prioridad. La OMS afirma que el plomo se utiliza en la manufactura de pilas eléctricas, en la fabricación de barnices, en la industria del caucho, esmaltes y vidrios. También utilizados como estabilizadores en la elaboración de polímeros.

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

El plomo tiene efectos hematopoyéticos que pueden provocar anemia. Interfiere en el metabolismo del hierro y la síntesis de la globulina en los hematíes. La intensa exposición causa encefalopatía saturnina. Así como también perturbaciones en el sistema nervioso.

1.2.3.14 Manganeseo

La OMS (1980) nos dice que el manganeso tiene 3 usos principales: a) como componente de ciertos aceros y agente reductor en las acerías b) en la producción de pilas secas y c) en la industria química en la producción de compuestos como el permanganato de potasio. Presenta efectos sobre el sistema nervioso central, neurotóxico, en el pulmón con una incidencia en las neumonías.

1.2.3.15 Níquel

Según Lenntech (1993) la mayor parte del níquel comercial se emplea en el acero inoxidable y otras aleaciones resistentes a la corrosión. También es importante en monedas como sustituto de la plata. El níquel finamente dividido se emplea como catalizador de hidrogenación. En cuanto a salud respecta, es conocido que las plantas acumulan níquel y como resultado la toma de níquel de los vegetales será eminente. Los fumadores encuentran un alto grado de exposición al níquel a través de sus pulmones. Finalmente, el níquel puede ser encontrado en detergentes. Los humanos pueden ser expuestos al níquel al respirar el aire, beber agua, comer comida o fumar cigarrillos. La toma de altas cantidades de níquel tienen las siguientes consecuencias:

- Elevadas probabilidades de desarrollar cáncer de pulmón, nariz, laringe y próstata.
- Enfermedades y mareos después de la exposición al gas de níquel.
- Embolia de pulmón.
- Fallos respiratorios.
- Reacciones alérgicas como son erupciones cutáneas, mayormente de las joyas.

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

- Desordenes del corazón.

1.2.3.16 Zinc

El Zinc puede encontrarse naturalmente en las rocas y es un elemento químico esencial para la vida de varios organismos e incluso el ser humano, sin embargo a pesar de ser esencial, este es un oligoelemento, es decir que debe estar presente en la dieta diaria en pequeñas concentraciones, ya que su exceso puede ser perjudicial para el organismo. En la industria del acero se utiliza el Zinc para evitar problemas de corrosión, pero también es utilizado en la elaboración de baterías, mezcla con otros metales, aleaciones, pinturas, cauchos, preservantes de madera, ungüentos, etc. (IZA, 2010). Según Gómez (2010) algunos síntomas que puede producir el Zinc son: fiebre, náuseas y escalofríos, cuando se da la exposición de la persona directa a vapores, estos síntomas son conocidos comúnmente como la fiebre del zinc. (Salazar, 2013)

1.2.3.17 Cobre

Este metal se encuentra generalmente en actividades relacionadas con la minería y la industria metalúrgica, también está relacionado con procesos de refinado, centrales térmicas y procesos que impliquen la quema de combustibles fósiles. Actualmente, a más de ser considerado como un elemento propio de la extracción de minerales, está siendo estudiado debido a sus funciones antimicrobianas y aplicaciones potenciales como material genético con la finalidad de reducir la exposición a patógenos (Al Lewis, 2005).

El cobre es un oligoelemento necesario para los seres humanos que puede ser perjudicial cuando se encuentra en concentraciones elevadas. Según Uauy & Santa Ana (2005), la contaminación del cuerpo humano por cobre ha generado destrucción de las células también conocido como necrosis, así también fibrosis en el hígado de algunos animales, sin embargo debido a sus efectos en ciertos individuos, no se puede estimar que estos sean los efectos ya que es necesario un estudio a nivel poblacional. Aun así, los principales síntomas al estar en contacto con el

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

cobre son afectaciones a las vías respiratorias, náuseas y vómitos al ser inhalado y diarrea a través de la ingestión, siguiendo al torrente sanguíneo y afectando generalmente al hígado y riñones, siendo capaz de producir hasta la muerte. (Salazar, 2013)

1.3. MARCO LEGAL

El DMQ no cuenta con límites permisibles para metales pesados en cenizas, ni lixiviados provenientes de las mismas. Por lo cual con el objetivo de asumir algún tipo de referencia general se comparó con la Ordenanza Metropolitana No. 0404, reformativa de la Ordenanza Metropolitana No. 213, sustitutiva del Título V “Del Medio Ambiente” del libro segundo del Código Municipal, la cual se encuentra en vigencia actualmente en el DMQ.

- Dentro de La resolución No. 0002 Norma Técnica de la Dirección Metropolitana Ambiental en el 2008 se encuentra el Anexo D. Tabla D1. Guía de Parámetros Mínimos por sector Productivo, dentro de la cual en el CIU O90 se localiza la lista de metales a analizar en la presente Tesis:

CIU	DESCRIPCIÓN	Q	pH	T °C	A&G	DBO	DQO	SSed	SST	Organo	Organo	Metales Pesados	Otros
O90	Eliminación de desperdicios y de Aguas Residuales, Saneamiento y actividades Similares	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			Ni, Hg, Zn, Pb, Cu, Cd, Mn, As, Cr ⁺⁶	CN ⁻¹ , Sulfatos, Sulfuro.

Fuente: Dirección Metropolitana Ambiental

Dentro de los metales enumerados en la tabla D1, Artículo 9: Control de descargas líquidas de sectores productivos, en el CIU O90 como podemos observar están:

Níquel- Zinc- Cobre- Cadmio- Manganeso- Cromo VI- Plomo- Mercurio- Arsénico.

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

De los nueve metales existentes en la tabla, se considerarán solamente seis, debido a que el Arsénico, el Mercurio y el Cromo no son viables de analizar con el equipo (Espectrofotómetro de absorción atómico de llama) con que cuenta la Universidad Internacional SEK.

Es importante recalcar que la definición de lixiviado con la que trabaja el anexo D: es entendiéndolo como *un líquido que percola a través de los residuos sólidos, compuesto por el agua proveniente de precipitaciones pluviales, escorrentías, la humedad de la basura y la descomposición de la materia orgánica que arrastra materiales disueltos y suspendidos* (Tulas. Libo VI, anexo VI), comprendiendo que éste es un lixiviado obtenido de manera distinta al obtenido en el presente trabajo. Constituyéndose esto, como una herramienta de REFERENCIA para determinar si pueden considerarse o no a las cenizas como residuos peligrosos por su alto contenido en metales pesados.

1.4 HIPÓTESIS

¿Los Residuos Sólidos Urbanos del DMQ sometidos a un proceso de incineración generan cenizas con metales pesados y que son capaces de lixiviar?

1.5 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES

- VARIABLE INDEPENDIENTE: Cenizas resultantes del proceso de incineración de RSU del DMQ.
- VARIABLE DEPENDIENTE: Concentración de metales pesados en cenizas.

II MÉTODO

2.1 NIVEL DE ESTUDIO

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”**

Esta investigación fue de tipo exploratoria, en la que adicionalmente a las revisiones bibliográficas, se realizaron investigaciones de campo para analizar la concentración de metales pesados en las cenizas de los residuos sólidos urbanos del DMQ.

2.2 MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN

La modalidad que se utilizó para la realización de esta investigación consistió en:

- ⊗ Documental. El conocimiento sobre esta investigación será reforzado con apoyo de medios impresos, audiovisuales y electrónicos, para de esta manera mejorar la comprensión del tema.

- ⊗ Proyecto de Desarrollo. Con este proyecto se busca conocer las características propias de las cenizas provenientes de los RSU.

2.3 MÉTODO

El método considerado para esta investigación es el método Inductivo - Deductivo, ya que al analizar muestras representativas tomadas directamente de las distintas Estaciones de Transferencia es posible inferir la concentración de metales pesados en el DMQ.

2.3.1 FASE DE CAMPO

La fase de campo envuelve todo lo referente a la toma de muestras de residuos de los dos centros de transferencia existentes en el Distrito. Se basa en la misma metodología que siguió Orellana (2012), Ayala (2013), Espinosa (2013) entre otros. La misma que imita la metodología de Análisis de Residuos Sólidos de la CEPIS (2000) que fue desarrollado por el Dr. Kunitoshi Sakurai. Los muestreos son realizados una vez al día en cada una de las estaciones alternando horarios entre la mañana, tarde y noche, con el fin de obtener muestras representativas, ya que la composición y

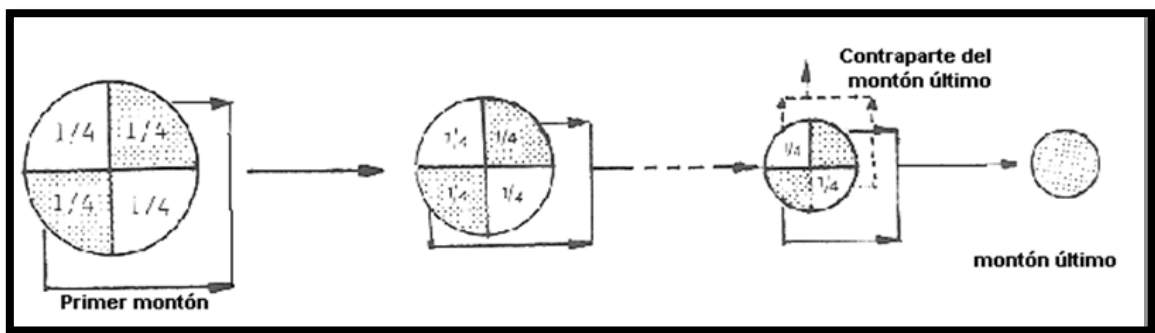
“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

características de los residuos pueden variar dependiendo del sector y horario en el que hayan sido recolectados. (Ayala, 2013).

La metodología consiste básicamente en tomar fundas al azar y proceder a pesarlas hasta obtener 50 kg de muestra aproximadamente, posteriormente se procede a realizar tres cuarteos y en este último se obtendrá un aproximado de 5 kg de basura, con lo cual se realiza una clasificación en las distintas categorías de interés para ser analizadas posteriormente en el laboratorio (Espinosa, 2013).

Imagen No. 4

Técnica de muestreo de RSU del Dr. Kunitoshi Sakurai



Fuente: Método Sencillo del Análisis de Residuos Sólidos del Dr. Kunitoshi Sakurai CEPIS (2000), citado por Espinosa, 2013.

Esta muestra final es separada en distintas categorías y colocadas en bolsas debidamente etiquetadas para luego ser trasladadas al laboratorio de procesos de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Internacional SEK, en donde serán colocadas inmediatamente en refrigeración (a 10 °C) hasta el momento del análisis con el fin de preservar sus características y condiciones al momento del muestreo. (Ayala, 2013).

Las muestras de interés que fueron utilizadas para la presente investigación fueron: papel y cartón, orgánico y textil. Categorías de residuos clasificadas como incinerables sin desprendimiento de dioxinas u otros contaminantes.

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

2.3.2 FASE DE LABORATORIO

Los residuos sólidos urbanos son separados en las categorías antes mencionadas, son cortados con tijeras en pedazos no mayores a 1 cm y dispuestos en crisoles con capacidad de 50 mL. Estos pasan a la estufa para cuantificar su humedad y finalmente a la mufla a una temperatura de 650 °C durante 4 horas para obtener las cenizas, materia prima de este proyecto. Este proceso es realizado por Natalia Tobar, estudiante de la UISEK como su proyecto de fin de carrera.

2.3.2.1 TRATAMIENTO DE CENIZAS VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO

Para cumplir con el objetivo de determinar metales pesados en cenizas es necesario extraer los mismos, con el condicionante de que es indispensable tener los analitos en solución y libres de posibles interferentes, tales como materia orgánica, o particulada. Esto debido a que el Espectrofotómetro de Absorción Atómica trabaja solo con soluciones líquidas

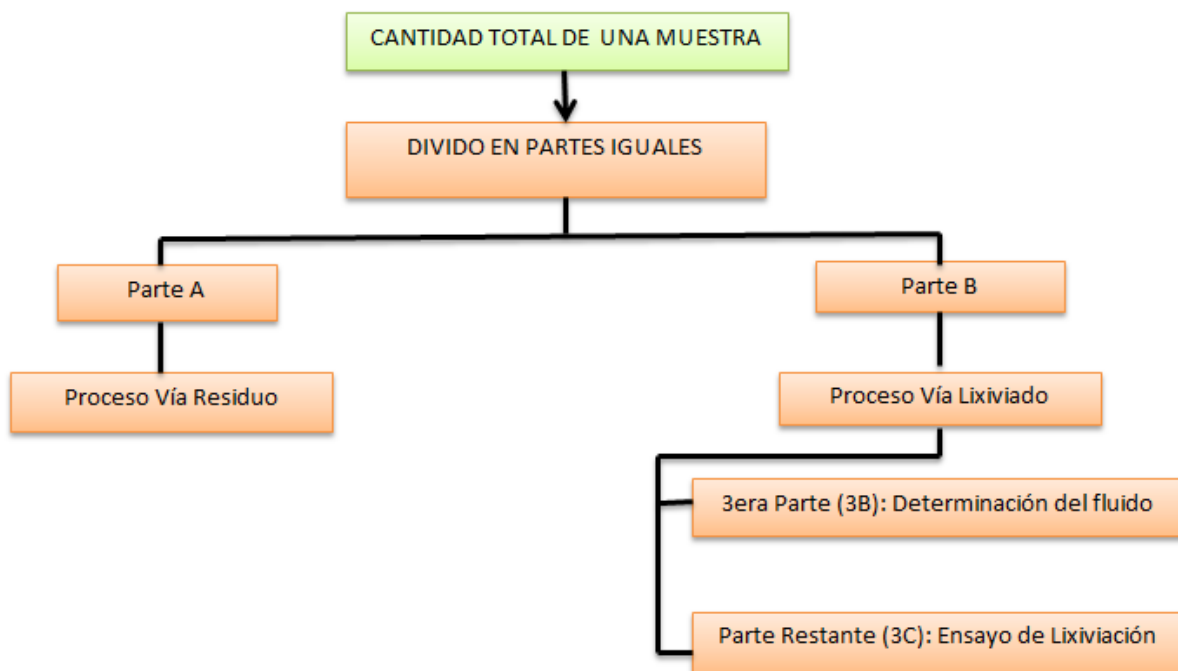
Para lograr estas condiciones, y con el objeto de reducir la interferencia por materia orgánica y liberar los metales de la matriz manteniéndolos en solución, es necesario el tratamiento previo de las muestras, y se debe realizar el procedimiento de preparación, digestión y preservación. (Cequimap, 2014).

La muestra inicial de ceniza siempre es dividida en dos partes iguales: una destinada a análisis vía residuo y otra destinada al análisis vía lixiviado. Cabe recalcar que el mismo proceso es llevado a cabo en cada una de las muestras analizadas:

Mapa Conceptual No. 1

División de cenizas por muestra

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”



Elaborado por: Angélica Cruz

2.5.1.1 METODOLOGÍA VÍA RESIDUO

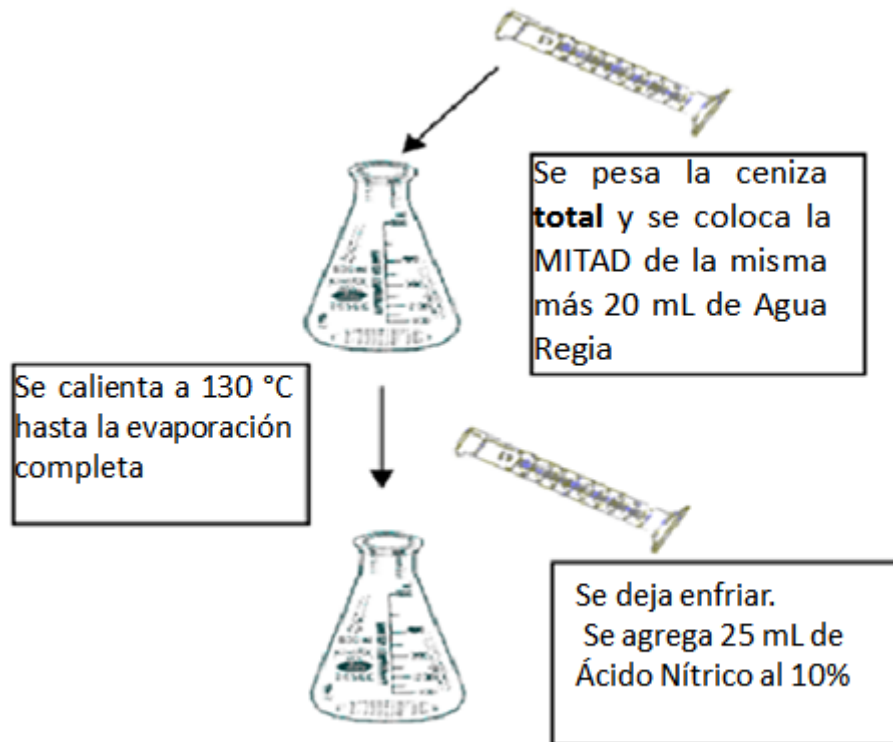
- **Método de Agua Regia, por vía húmeda, en un sistema abierto a presión atmosférica.**

Para el método vía residuo se escogió el procedimiento de ataque ácido por agua regia. Para comenzar el Agua Regia se elabora tomando 750 mL de ácido clorhídrico con 250 mL de ácido nítrico en una proporción 3:1, en un balón de 1000 mL. La digestión ácida por Agua Regia disuelve los así llamados metales pesados, nobles o reales.

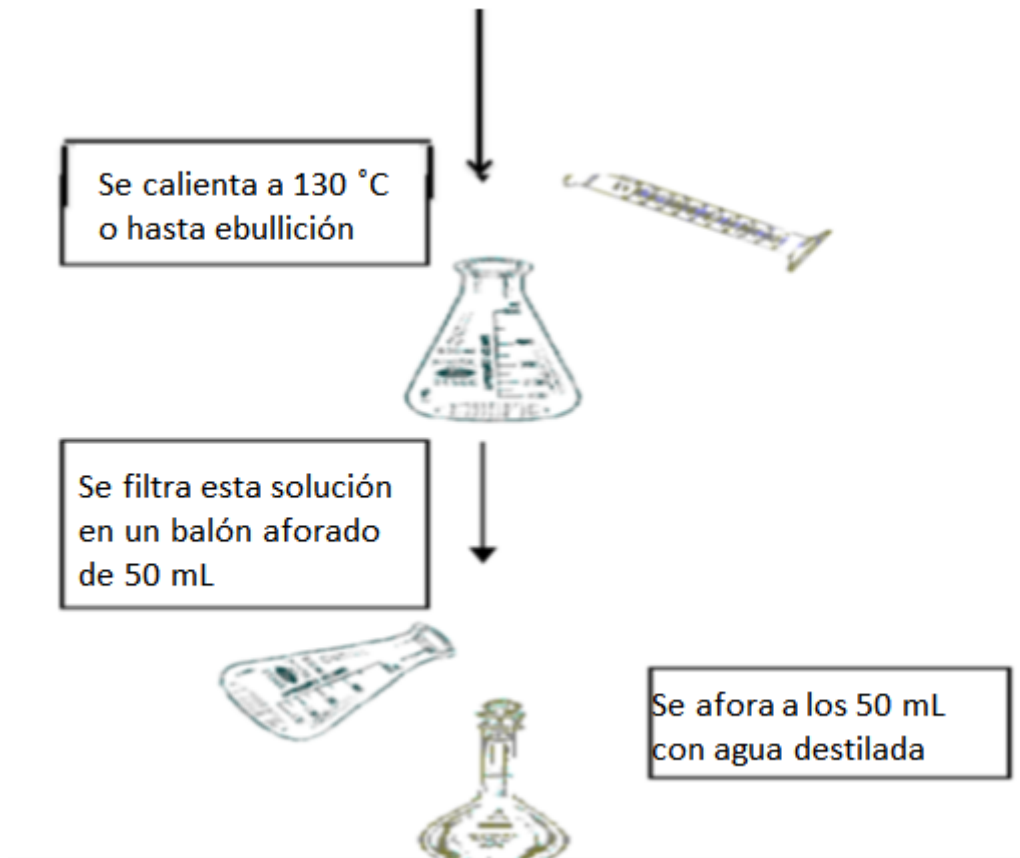
Flujograma No.1

Procedimiento	Operativo	Digestión	con
Ácido Nítrico y	Ácido Clorhídrico	(Métodos	Estándar
3030F)			

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”



“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”



Elaborado por: Angélica Cruz.

2.5.1.2 METODOLOGÍA VÍA LIXIVIADO

- **Ensayo de lixiviación TCLP (Procedimiento de Lixiviación Característico de Toxicidad) (Federal Register, 1986)**

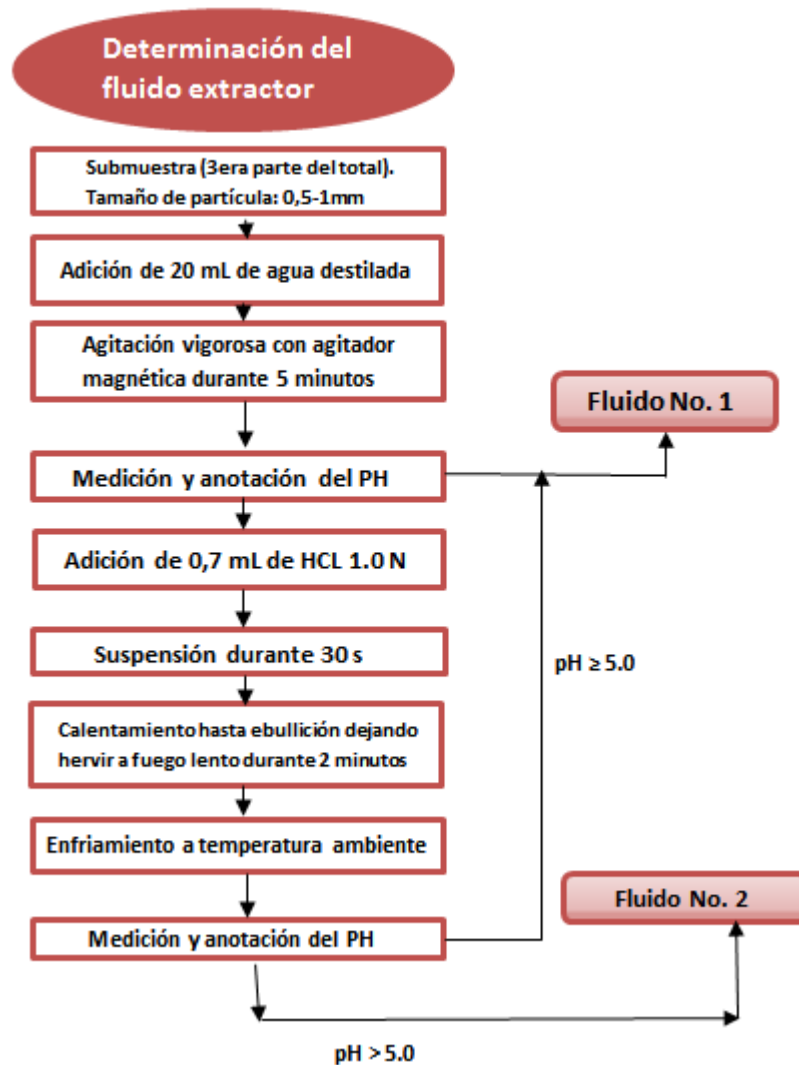
Este es un test adecuado para determinar la movilidad, tanto de compuestos orgánicos como inorgánicos presentes en líquidos, sólidos y residuos multifásicos.

A continuación se trabajó con la mitad restante del proceso anterior. Se vuelve a dividir las cenizas, tomando ahora la tercera parte de la misma. Esta porción será utilizada en la determinación del fluido extractor.

Flujograma No.2

Diagrama de bloques del ensayo de lixiviación TCLP.

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”



Elaborado por: Angélica Cruz, adaptado para la investigación presente.
(Federal Register, 1986)

Si el pH es ≤ 5 el fluido extractor a utilizar es el fluido n°1. Si el pH es >5 se le añade 0,7 ml de HCl 1N, se calienta a 130°C y se hierve durante 2 minutos. Se deja enfriar la solución a temperatura ambiente y se anota el pH. Si el pH es ≤ 5 se utiliza el fluido n°1, sino, el n°2. El fluido n°1 se obtiene combinando 64,3 ml de NaOH (1N) y 5,7 ml de ácido acético glacial y enrasando con agua destilada hasta 1 litro. El pH debe ser $4,93 \pm 0,02$. El fluido n°2 se obtiene diluyendo 5,7 ml de ácido acético glacial con agua destilada hasta 1 litro. El pH debe ser de $2,88 \pm 0,02$. (Federal Register, 1986)

Recordando que:

Fórmula No. 1

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

Normalidad= Número de Equivalentes / 1L de disolución

$$1 \text{ N NaOH} = (1 \text{ L sol. NaOH } 1\text{N}) * (1 \text{ equivalente NaOH}) / 1\text{L sol. NaOH} = 1$$

1N de NaOH se necesita 1 mol de NaOH

Para transformar los moles a gramos se multiplica por el peso molecular del NaOH.

Peso Molecular del NaOH= 40 g/mol

Entonces:

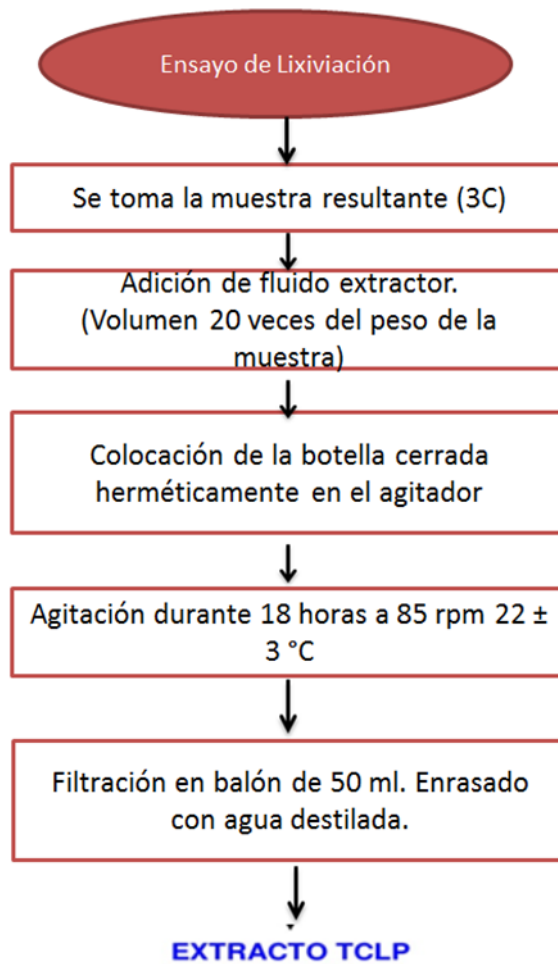
$$(1 \text{ mol de NaOH}) * (40 \text{ g NaOH/mol NaOH}) = 40 \text{ g NaOH}$$

Se necesitan 40 g de NaOH disueltos en un litro de agua destilada para obtener la solución NaOH 1 N.

Flujograma No. 3

Continuación del Diagrama de bloques del ensayo de lixiviación TCLP.

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”



Elaborado por: Angélica Cruz, adaptado para la investigación presente.
(Federal Register, 1986)

Como podemos observar de cada tratamiento de cenizas realizado, obtenemos dos muestras en solución. Una de metales disueltos (vía residuo) y otra de metales capaces de lixiviar (vía Lixiviado).

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”



Fotografía #1 tomada por Angélica Cruz (2014)
Total de muestras en solución vía residuo y vía lixiviado.

Seguidamente del análisis de las cenizas, las muestras en solución son analizadas por el espectrofotómetro de absorción atómica de llama (EAA), realizando las respectivas curvas de calibración previas que corresponden a cada metal analizado. El EAA está ubicado en el laboratorio de Química en la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Internacional SEK.

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”



Fotografía #2 tomada por Angélica Cruz (2014)
Espectrofotómetro de Absorción Atómica de llama (EAA)

*2.3.2.2 PROCEDIMIENTO DE PREPARACIÓN DEL ESPECTROFOTÓMETRO
DE ABSORCIÓN ATÓMICA.*

- ⊗ Prender el espectrofotómetro de absorción atómica.
- ⊗ Colocar la lámpara del metal a determinar.
- ⊗ Observar si el quemador se encuentra en la posición correcta con respecto a la fuente de radiación.
- ⊗ Configurar el elemento e instalar la lámpara del metal a determinar para que realice la lectura.
- ⊗ Prender la campana de extracción de gases y depurar gases.
- ⊗ Colocar en autocero la gráfica de absorbancia vs concentración.
- ⊗ Observar las condiciones estándar del metal y realizar las diluciones correspondientes.
- ⊗ Abrir la válvula de Óxido nitroso (N_2O) o Acetileno (C_2H_2) según el metal a determinar.
- ⊗ Verificar que el compresor de aire este encendido.

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

- ⊗ Observar que estén activados el quemador y el flujo de gases en el equipo, caso contrario pulsar en actualizar.
- ⊗ Colocar en la pestaña “calibración” el número de decimales deseados para la lectura y la concentración de las diluciones realizadas de la anterior viñeta.
- ⊗ Realizar el procedimiento de lectura de metales pesados (1.5.3.3).
- ⊗ Terminado el proceso anterior, se cierran las válvulas de los gases utilizados y se depura gases.
- ⊗ Se apaga la campana de extracción de gases.
- ⊗ Se desinstala y se retira la lámpara usada y finalmente se apaga el espectrofotómetro de absorción atómica. (Salazar, 2013)

2.3.2.3 LECTURA DE METALES PESADOS

- ⊗ Analizar el blanco, colocando el capilar sobre agua destilada.
- ⊗ Analizar las diluciones estándar establecidas y colocar nuevamente el capilar en el blanco sin volver a analizar (realizar este procedimiento con cada una de las diluciones).
- ⊗ Mostrar la curva de calibración
- ⊗ Analizar las **88** muestras recolectadas y colocar nuevamente el capilar en el blanco sin volver a analizar (realizar este procedimiento con cada una de las 88 diluciones).

Este procedimiento se lo realiza para no dejar ningún residuo de la muestra analizada.

- ⊗ Transcribir los datos obtenidos por el espectrofotómetro de absorción atómica. (Salazar,2013)

2.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

- ✓ Población: Estación de transferencia de residuos “ET2” en el sector de Zámbriza, estación de transferencia de residuos “ET1” en el sector de Santa Rosa (DMQ).

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”**

✓ Muestra: 88 muestras

2.5 SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó vía experimentación. Se realizaron análisis a nivel del laboratorio con la finalidad de determinar la concentración de metales pesados de los residuos de las estaciones de transferencia.

2.6 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS

Los instrumentos implicados en la investigación fueron previamente calibrados y verificados. Los datos obtenidos en los análisis se los realizó personalmente sin la intervención de terceros, y fueron comparados con la referencias legales, entre estos la Resolución 002 Norma Técnica CIU O90: “Eliminación de desperdicios y de aguas residuales saneamiento y actividades similares”, la misma que ha sido técnicamente elaborada y comprobada.

2.7 PROCESAMIENTO DE DATOS

Los datos obtenidos mediante los experimentos de laboratorio, cálculos y tratamiento estadístico de la información fueron procesados mediante los programas Microsoft Word y Microsoft Excel, elaborando y documentándolos en tablas. De igual manera se tiene respaldos impresos.

III RESULTADOS

3.1 Levantamiento de datos

Para ingresar los datos se utilizó la siguiente tabla que contiene la denominación de la muestra, su peso inicial total. La división del peso inicial en

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

dos partes iguales con la cual se realizará la digestión ácida y la fecha de la muestra.

Fecha:

Digestión ácida de cenizas (vía residuo)

Código de Muestra	Peso total de Muestra (g)	Mitad del total: a utilizar (g)	Fecha de la muestra

Elaborado por: Angélica Cruz

Fecha:

Ensayo TCLP (vía lixiviado)

Código de Muestra	Mitad del total: a utilizar (g)	Tercera parte de la Porción a utilizar (g)	1era Medida de Ph	Segunda Medida de Ph

Elaborado por: Angélica Cruz

Los datos obtenidos fueron transcritos posteriormente a una hoja de cálculo electrónica (Microsoft Excel) y un cuadernillo de datos para poder contar con algunos respaldos de la información obtenida.

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

3.2 Presentación y análisis de resultados

Las primeras muestras se encuentran separadas por categoría de residuos. Es decir, hasta la muestra 52 del 18 abril del 2014.

Papel
Orgánico
textil
Unión de cenizas por día de muestreo

Seguidamente a este día, se decidió conjuntamente con los tutores de la presente tesis, unir las muestras de ceniza de todas las categorías y de las dos estaciones de transferencia por día de muestreo.

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”**

Num. Días Muestreados	Fecha Muestreo Cenizas	Peso Inicial TOTAL (g)	Número de Muestras Acumuladas	Denominación	PESO: Vía Residuo (g)	PESO: Vía Lixiviado (g)
1	11-abr-14	2,5862	2	R3	0,7386	0,7462
			4	R7	0,2594	0,2578
			6	R10	0,1373	0,1338
			8	R17	0,1578	0,1402
2	12-abr-14	2,4842	10	R2	0,5051	0,5115
			12	R15	0,2293	0,2263
			14	R9	0,1751	0,1882
			16	R16	0,1166	0,1012
			18	R8	0,216	0,1887
3	13-abr-14	0,9195	20	R6	0,0961	0,0948
			22	R11	0,2396	0,2443
			24	R14	0,1241	0,1233
			26	R18	0,1681	0,1806
4	14-abr-14	3,0646	28	r4	1,2375	1,2556
			30	r22	0,1844	0,1908
			32	r12	0,5727	0,2886
			34	r23	0,1104	0,1192
5	16-abr-14	12,7182	36	R5	0,3124	0,322
		0,3767	38	R21	0,0626	0,069
			40	R20	5,9841	5,8053
			42	16-abr-14	0,1883	0,1882
6	17-abr-14	0,8396	44	r1	0,4198	0,2134
		0,1037	46	17-abr-14	0,0528	0,0464
7	18-abr-14	2,0773	48	R13	0,586	0,6042
		0,2051	50	R19	0,2681	0,253
			52	R24	0,1846	0,1838
		0,2051	54	18-abr-14	0,1025	0,0992
8	19-abr-14	1,0235	56	19-abr-14	0,5118	0,5162
		0,2051	58		0,1025	-
9	21-abr-14	0,3033	60	21-abr-14	0,1515	0,1463
10	22-abr-14	2,0437	62	22-abr-14	1,0219	0,9953
11	23-abr-14	2,054	64	23-abr-14	1,027	1,0375
12	24-abr-14	0,4826	66	24-abr-14	0,2413	0,2435
13	26-abr-14	0,4057	68	26-abr-14	0,2028	0,1983
14	27-abr-14	0,485	70	27-abr-14	0,2425	0,2366
15	28-abr-14	0,4658	72	28-abr-14	0,2329	0,2266
16	29-abr-14	0,4655	74	29-abr-14	0,2375	0,2361
17	30-abr-14	0,6982	76	30-abr-14	0,3491	0,3496
18	24-may-14	0,3046	78	24-may-14	0,1523	0,156
19	25-may-14	0,8965	80	25-may-14	0,4482	0,2375
20	26-may-14	0,473	82	26-may-14	0,2365	0,443
21	27-may-14	0,3865	84	27-may-14	0,1932	0,1923
22	28-may-14	0,6411	86	28-may-14	0,3205	0,3255
23	29-may-14	0,3175	88	29-may-14	0,1587	0,1514

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

Elaborado por: Angélica Cruz



Fotografía #3 tomada por Angélica Cruz (2014)
Unión de cenizas papel, orgánico y textil de “ET1” Y “ET2” por día de
muestreo.

3.3 Lectura de Metales por Espectrofotómetro y su resultado.

Níquel:

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

Número de Muestras Acumuladas	Denominación	Lectura de Metales por Espectrofotómetro		Resultados	
		Niquel (mg/L)		mg (Ni)/kg residuo	mg (Ni)/L lixiviado
		Vía Residuo	Vía lixiviado		
2	R3	0,34	ND	23,02	0,00
4	R7	0,13	ND	25,06	0,00
6	R10	ND	0,50	0,00	186,85
8	R17	ND	ND	0,00	0,00
10	R2	0,09	0,40	8,91	39,10
12	R15	ND	ND	0,00	0,00
14	R9	ND	ND	0,00	0,00
16	R16	ND	0,03	0,00	14,82
18	R8	ND	ND	0,00	0,00
20	R6	ND	ND	0,00	0,00
22	R11	ND	ND	0,00	0,00
24	R14	ND	ND	0,00	0,00
26	R18	ND	ND	0,00	0,00
28	r4	0,45	ND	18,18	0,00
30	r22	ND	0,90	0,00	235,85
32	r12	ND	ND	0,00	0,00
34	r23	ND	0,10	0,00	41,95
36	R5	0,02	0,02	3,20	3,11
38	R21	0,00	ND	0,00	0,00
40	R20	1,10	0,60	9,19	5,17
42	16-abr-14	ND	ND	0,00	0,00
44	r1	ND	ND	0,00	0,00
46	17-abr-14	ND	0,50	0,00	538,79
48	R13	0,43	ND	0,00	0,00
50	R19	ND	ND	0,00	0,00
52	R24	0,30	0,10	81,26	27,20
54	18-abr-14	0,30	ND	146,34	0,00
56	19-abr-14	0,40	0,30	39,08	29,06
58		0,50	ND	243,90	0,00
60	21-abr-14	0,20	ND	66,01	0,00
62	22-abr-14	1,00	ND	48,93	0,00
64	23-abr-14	ND	ND	0,00	0,00
66	24-abr-14	0,20	ND	41,44	0,00
68	26-abr-14	ND	ND	0,00	0,00
70	27-abr-14	ND	0,60	0,00	126,80
72	28-abr-14	ND	ND	0,00	0,00
74	29-abr-14	ND	0,60	0,00	127,06
76	30-abr-14	ND	0,00	0,00	0,00
78	24-may-14	ND	0,10	0,00	32,05
80	25-may-14	0,60	0,40	66,93	84,21
82	26-may-14	ND	0,50	0,00	56,43
84	27-may-14	0,00	ND	0,00	0,00
86	28-may-14	0,30	0,20	46,80	30,72
88	29-may-14	1,00	0,40	315,06	132,10

Zinc:

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

Número de Muestras Acumuladas	Denominación	Lectura de Metales por Espectrofotómetro		Resultados	
		Zinc (mg/L)		mg (Zn)/kg residuo	mg (Zn)/L lixiviado
		Vía Residuo	Vía Lixiviado		
2	R3				
4	R7				
6	R10	5,20		352,02	
8	R17	4,80		925,21	
10	R2	0,90	0,10	327,75	37,37
12	R15	0,80	ND	253,49	0,00
14	R9	1,00	ND	98,99	0,00
16	R16	3,30	ND	719,58	0,00
18	R8	0,70	ND	199,89	0,00
20	R6	0,50	ND	214,41	0,00
22	R11	0,20	ND	46,30	0,00
24	R14	ND	ND	-	0,00
26	R18	0,10	ND	20,87	0,00
28	r4	0,30	ND	120,87	0,00
30	r22	0,30	ND	89,23	0,00
32	r12	0,60	ND	24,24	0,00
34	r23	0,70	ND	189,80	0,00
36	R5	2,00	ND	174,61	0,00
38	R21	0,10	ND	45,29	0,00
40	R20	0,90	ND	144,05	0,00
42	16-abr-14	2,00	0,00	1.597,44	0,00
44	r1	1,30	0,40	10,86	3,45
46	17-abr-14	3,30	0,00	876,26	0,00
48	R13	1,40	0,00	166,75	0,00
50	R19	1,70	ND	1.609,85	0,00
52	R24	0,40	ND	34,13	0,00
54	18-abr-14	11,00	ND	2.051,47	0,00
56	19-abr-14	0,40	ND	108,34	0,00
58		15,20	1,80	7.414,63	907,26
60	21-abr-14	2,10	0,00	205,16	0,00
62		3,10	0,00	1.512,20	0,00
64	22-abr-14	4,60	3,10	1.518,15	1.059,47
66		13,50	ND	660,53	0,00
68	23-abr-14	11,10	ND	540,41	0,00
70		7,60	ND	1.574,80	0,00
72	24-abr-14	5,30	ND	1.306,71	0,00
74		7,10	1,50	1.463,92	316,99
76	26-abr-14	0,00	ND	0,00	0,00
78		6,80	0,90	1.431,58	190,60
80	27-abr-14	3,90	0,20	558,58	28,60
82		7,60	0,20	2.495,08	64,10
84	28-abr-14	17,50	ND	1.952,25	0,00
86		11,80	ND	2.494,71	0,00
88	29-abr-14	10,10	ND	2.613,87	0,00
		9,00	0,40	1.404,06	61,44
	29-may-14	5,00	ND	1.575,30	0,00

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

Cobre:

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

Número de Muestras Acumuladas	Denominación	Lectura de Metales por Espectrofotómetro		Resultados	
		Cobre (mg/L)		mg (Cu)/kg residuo	mg (Cu)/L lixiviado
		Via Residuo	Via Lixiviado		
2	R3	5,00		338,48	
4	R7	2,00		385,51	
6	R10	0,80	ND	291,33	0,00
8	R17	1,20	ND	380,23	0,00
10	R2	9,00	ND	890,91	0,00
12	R15	0,60	ND	130,83	0,00
14	R9	2,90	ND	828,10	0,00
16	R16	0,90	ND	385,93	0,00
18	R8	1,30	ND	300,93	0,00
20	R6	1,80	ND	936,52	0,00
22	R11	7,60	ND	1.585,98	0,00
24	R14	1,00	ND	402,90	0,00
26	R18	ND	0,30	0,00	83,06
28	r4	8,60	0,20	347,47	7,96
30	r22	1,30	ND	352,49	0,00
32	r12	5,30	ND	462,72	0,00
34	r23	0,60	ND	271,74	0,00
36	R5	2,10	ND	336,11	0,00
38	R21	0,20	0,10	159,74	72,46
40	R20	3,30	ND	27,57	0,00
42	16-abr-14	1,20	ND	318,64	0,00
44	r1	1,40	0,20	166,75	46,86
46	17-abr-14	0,20	0,00	189,39	0,00
48	R13	1,50	ND	127,99	0,00
50	R19	3,10	ND	578,14	0,00
52	R24	1,20	ND	325,03	0,00
54	18-abr-14	4,90	ND	2.390,24	0,00
56	19-abr-14	0,30	0,20	29,31	19,37
58		0,60	ND	292,68	0,00
60	21-abr-14	5,20	1,60	1.716,17	546,82
62	22-abr-14	3,60	0,10	176,14	5,02
64	23-abr-14	3,80	ND	185,00	0,00
66	24-abr-14	9,40	0,10	1.947,78	20,53
68	26-abr-14	0,20	0,20	49,31	50,43
70	27-abr-14	0,60	0,20	123,71	42,27
72	28-abr-14	1,70	0,10	364,96	22,07
74	29-abr-14	0,70	0,10	147,37	21,18
76	30-abr-14	0,60	0,10	85,94	14,30
78	24-may-14	0,40	0,10	131,32	32,05
80	25-may-14	2,30	0,10	256,58	21,05
82	26-may-14	0,70	0,10	147,99	11,29
84	27-may-14	0,60	0,10	155,28	26,00
86	28-may-14	1,70	0,10	265,21	15,36
88	29-may-14	0,50	0,10	157,53	33,03

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

Cadmio:

Número de Muestras Acumuladas	Denominación	Lectura de Metales por Espectrofotómetro		Resultados	
		Cadmio (mg/L)		mg (Cd)/kg residuo	mg (Cd)/L lixiviado
		Vía Residuo	Vía Lixiviado		
2	R3	ND	ND	-	-
4	R7	ND	ND	-	-
6	R10	ND	ND	-	-
8	R17	ND	ND	-	-
10	R2	ND	ND	-	-
12	R15	ND	ND	-	-
14	R9	ND	ND	-	-
16	R16	ND	ND	-	-
18	R8	ND	ND	-	-
20	R6	ND	ND	-	-
22	R11	ND	ND	-	-
24	R14	ND	ND	-	-
26	R18	ND	ND	-	-
28	r4	ND	ND	-	-
30	r22	ND	ND	-	-
32	r12	ND	ND	-	-
34	r23	ND	ND	-	-
36	R5	ND	ND	-	-
38	R21	ND	ND	-	-
40	R20	ND	ND	-	-
42	16-abr-14	ND	ND	-	-
44	r1	ND		-	-
46	17-abr-14	ND	ND	-	-
48	R13	ND	ND	-	-
50	R19	ND	ND	-	-
52	R24	ND	ND	-	-
54	18-abr-14	ND	ND	-	-
56	19-abr-14	ND	ND	-	-
58		ND	-	-	-
60	21-abr-14	ND	ND	-	-
62	22-abr-14	ND	ND	-	-
64	23-abr-14	ND	ND	-	-
66	24-abr-14	ND	ND	-	-
68	26-abr-14	ND	ND	-	-
70	27-abr-14	ND	ND	-	-
72	28-abr-14	ND	ND	-	-
74	29-abr-14	ND	ND	-	-
76	30-abr-14	ND	ND	-	-
78	24-may-14	ND	ND	-	-
80	25-may-14	ND	ND	-	-
82	26-may-14	ND	ND	-	-
84	27-may-14	ND	ND	-	-
86	28-may-14	ND	ND	-	-
88	29-may-14	ND	ND	-	-

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

Manganeso:

Número de Muestras Acumuladas	Denominación	Lectura de Metales por Espectrofotómetro		Resultados	
		Manganeso (mg/L)		mg (Mn)/kg residuo	mg (Mn)/L lixiviado
		Vía Residuo	Vía Lixiviado		
2	R3	0,70		47,39	
4	R7	1,12		214,92	
6	R10	ND	0,04	0,00	13,08
8	R17	0,64	0,24	202,79	85,59
10	R2	0,38	0,22	37,62	21,51
12	R15	1,35	0,27	294,37	58,55
14	R9	0,73	0,15	207,02	39,85
16	R16	0,46	0,40	197,26	197,63
18	R8	0,44	0,31	100,69	82,14
20	R6	0,33	0,18	171,70	92,30
22	R11	0,75	0,07	156,51	13,30
24	R14	0,42	0,27	167,20	109,49
26	R18	0,72		212,67	
28	r4	0,83		33,33	
30	r22	0,53		143,71	
32	r12	1,82	0,29	158,46	50,24
34	r23	0,44	0,44	197,01	182,47
36	R5	0,28	0,22	44,01	34,16
38	R21	0,34	0,28	267,57	202,90
40	R20	0,69	0,35	5,72	2,97
42	16-abr-14	0,17	0,05	45,14	13,28
44	r1	0,43		51,21	
46	17-abr-14	0,59	0,08	558,71	80,82
48	R13	0,58	0,33	49,49	26,90
50	R19	0,66	0,28	123,09	55,34
52	R24	0,61	0,34	165,22	91,13
54	18-abr-14	1,47	0,24	717,07	118,45
56	19-abr-14	0,75	0,27	73,27	25,67
58		0,12	-	56,10	
60	21-abr-14	0,98	0,40	321,78	136,71
62	22-abr-14	1,22	0,28	59,69	14,07
64	23-abr-14	0,75	0,29	36,27	13,73
66	24-abr-14	1,10	0,47	227,93	96,51
68	26-abr-14	0,97	0,18	237,92	45,39
70	27-abr-14	0,75	0,48	153,61	100,38
72	28-abr-14		0,17		37,51
74	29-abr-14	1,03	0,34	215,79	72,00
76	30-abr-14	0,89	0,43	127,47	61,50
78	24-may-14	1,35	0,60	443,20	192,31
80	25-may-14	0,63	0,40	69,72	84,21
82	26-may-14	0,93	0,49	196,62	55,30
84	27-may-14	0,42	0,40	108,70	104,00
86	28-may-14	0,53	0,50	81,90	76,80
88	29-may-14	0,05	0,27	15,75	89,17

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

Plomo:

Número de Muestras Acumuladas	Denominación	Lectura de Metales por Espectrofotómetro		Resultados	
		Plomo (mg/L)		mg (Pb)/kg residuo	mg (Pb)/L lixiviado
		Via Residuo	Via Lixiviado		
2	R3	1,50	0,50	101,54	33,50
4	R7	1,90	0,40	366,23	77,58
6	R10	1,80	1,10	655,50	411,06
8	R17	1,70	1,10	538,66	392,30
10	R2	2,30	3,30	227,68	322,58
12	R15	0,00	1,50	0,00	331,42
14	R9	2,10	4,70	599,66	1.248,67
16	R16	1,70	1,60	728,99	790,51
18	R8	1,50	1,60	347,22	423,95
20	R6	1,40	1,30	728,41	685,65
22	R11	1,90	1,50	396,49	307,00
24	R14	1,70	1,30	684,93	527,17
26	R18	1,70	1,20	505,65	332,23
28	r4	2,40	1,70	96,97	67,70
30	r22	1,80	0,20	488,07	52,41
32	r12	2,50	1,10	218,26	190,58
34	r23	1,70	0,20	769,93	83,89
36	R5	1,50	1,40	240,08	217,39
38	R21	0,10	0,30	79,87	217,39
40	R20	3,60	ND	30,08	0,00
42	16-abr-14	0,6	0,30	0,00	79,70
44	r1	2,30	0,50	273,94	117,15
46	17-abr-14	0,20	0,50	189,39	538,79
48	R13	2,20	1,70	187,71	140,68
50	R19	1,90	1,40	354,35	276,68
52	R24	1,70	0,40	460,46	108,81
54	18-abr-14	16,80	0,10	8.195,12	50,40
56	19-abr-14	0,50	0,00	48,85	0,00
58		0,10	0,00	48,78	0,00
60	21-abr-14	ND	ND	0,00	0,00
62	22-abr-14	2,50	0,20	122,32	10,05
64	23-abr-14	3,20	ND	155,79	0,00
66	24-abr-14	0,00	0,20	0,00	41,07
68	26-abr-14	0,40	0,30	98,62	75,64
70	27-abr-14	0,50	0,00	103,09	0,00
72	28-abr-14	0,70	0,40	150,28	88,26
74	29-abr-14	1,20	0,30	252,63	63,53
76	30-abr-14	0,90	ND	128,90	0,00
78	24-may-14	ND	0,10	0,00	32,05
80	25-may-14	0,50	ND	55,78	0,00
82	26-may-14	0,60	ND	126,85	0,00
84	27-may-14	ND	0,30	0,00	78,00
86	28-may-14	0,30	0,10	46,80	15,36
88	29-may-14	0,00	0,20	0,00	66,05

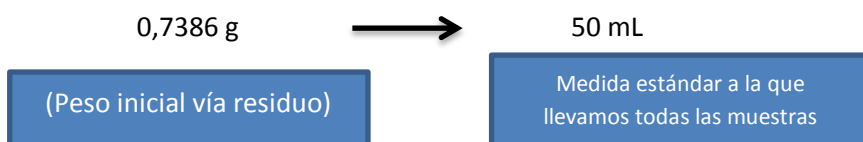
Elaborado por: Angélica Cruz

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

3.4 CÁLCULO PARA PASAR LECTURA POR ESPECTROFOTÓMETRO EN MG/L A RESULTADO EN MG/KG (VÍA RESIDUO) Y MG/L (VÍA LIXIVIADO)

- mg/L a resultado en mg/kg (vía residuo)

Tomando la primera lectura de Níquel como ejemplo:



La lectura de la muestra denominada R3 de 0,7360 vía residuo de Níquel por el espectrofotómetro de absorción atómica fue 0,34 mg/L.

0,34 mg (Ni) \rightarrow 1000 mL

X \rightarrow 50 mL $X = 0,017 \text{ mg Ni}$

0,017 mg Ni \rightarrow 0,7386 g de residuo

X \rightarrow 1000 g $X = 23,0 \text{ mg (Ni)/kg de residuo}$

- mg/L a resultado en mg/L (vía lixiviado)

$$\frac{\text{Lectura} * \text{Volumen líquido extractante} * 1000 * \text{Dilución}}{\text{Masa de residuo en gramos}}$$

$$\frac{\text{Mg/L} * 20 \text{ mL} * 1000 \text{ mg/} 1000 \text{ mL}}{\text{Masa muestra (mg)}}$$

$$\frac{\text{L} * \text{V (mL) líquido} * 50/20}{\text{Masa muestra (mg)}}$$

Ejemplificando con la primera lectura de Níquel con valor detectado en espectrofotómetro:

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

$$0,50 \times 20 \times 2,5 = 186,85$$

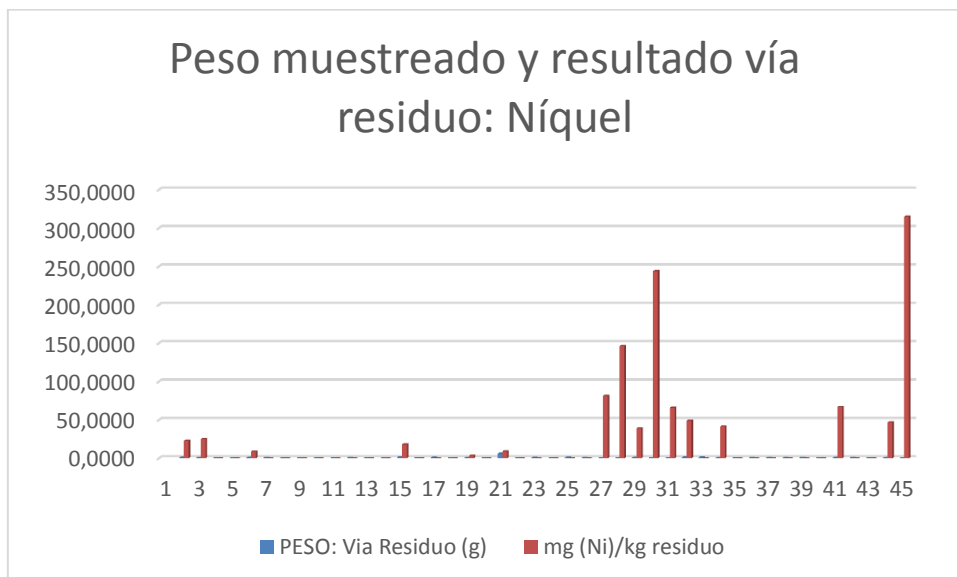
0,1338

3.5 COMPARACIÓN ENTRE EL PESO DE LAS CENIZAS ANALIZADAS Y EL RESULTADO DE SU REPRESENTACIÓN REAL LLEVADA A KG DE RESIDUO (VÍA RESIDUO) Y LITROS DE SOLUCIÓN (VÍA LIXIVIADO).

A continuación se comparó el peso inicial muestreado con el resultado real de la concentración de metales realizado con la fórmula del numeral 3.4.

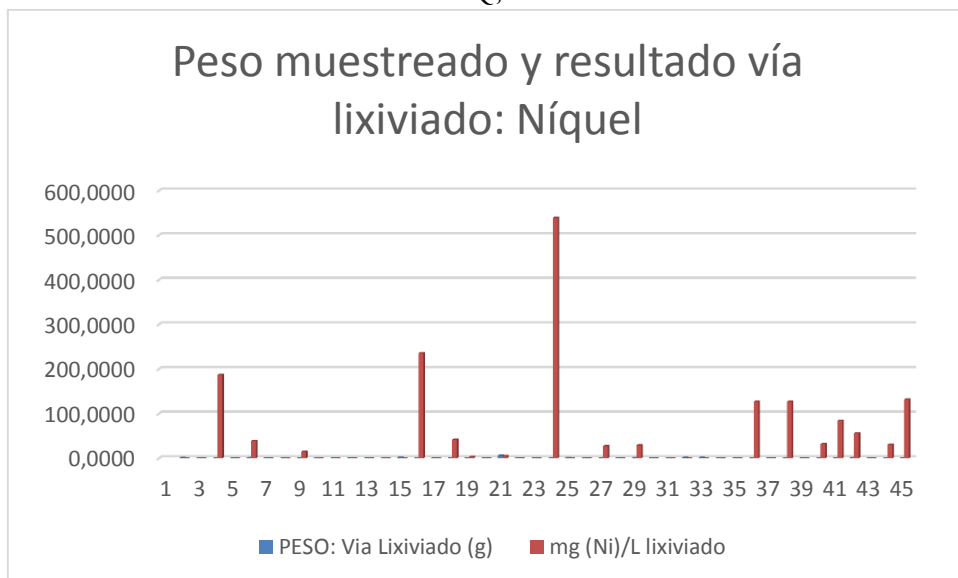
Como se observa, el peso en gramos inicial muestreado es casi imperceptible comparándolo con el peso real de concentración de metales gramos de metal en un kilogramo de residuo y en un litro de lixiviado.

1. Níquel:



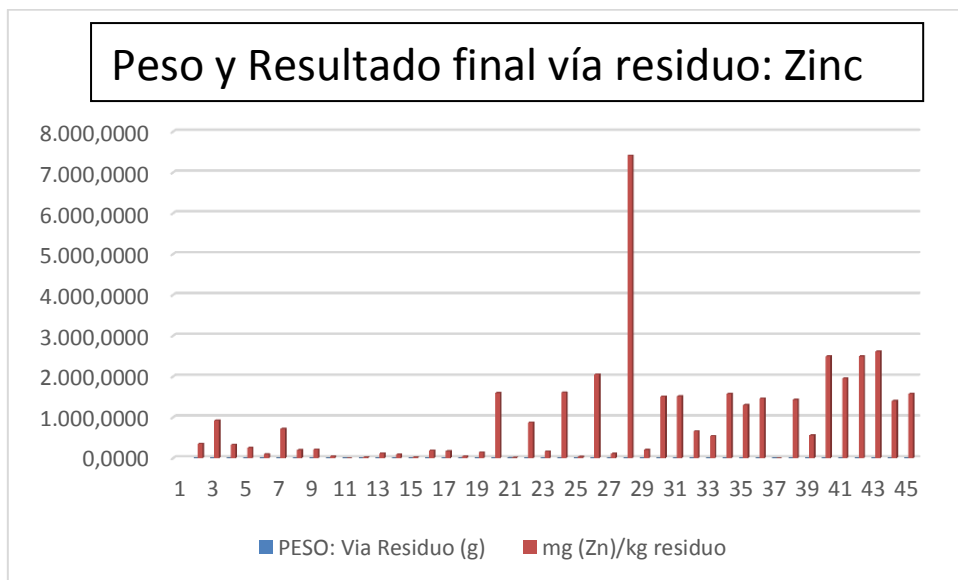
Elaborado por: Angélica Cruz

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”**



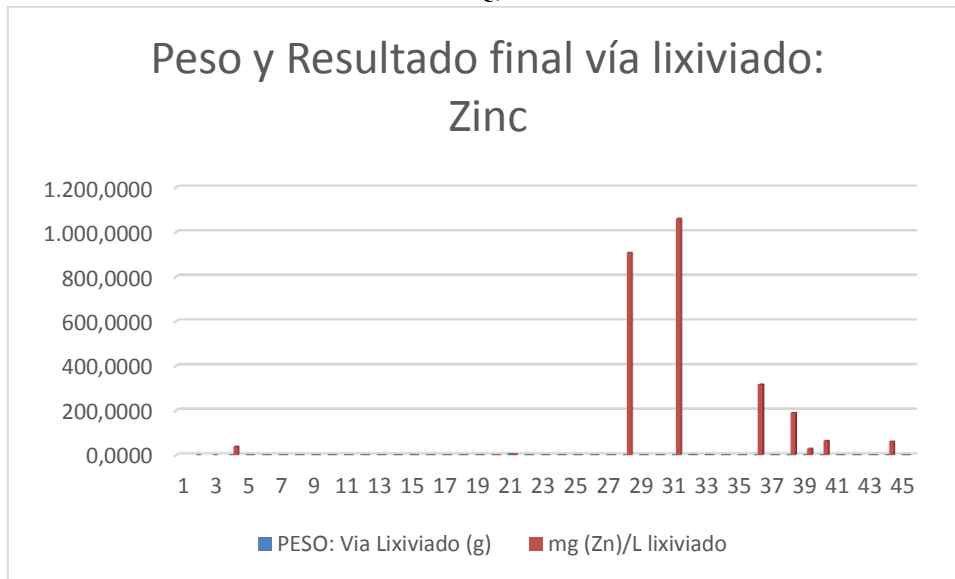
Elaborado por: Angélica Cruz

2.- Zinc:



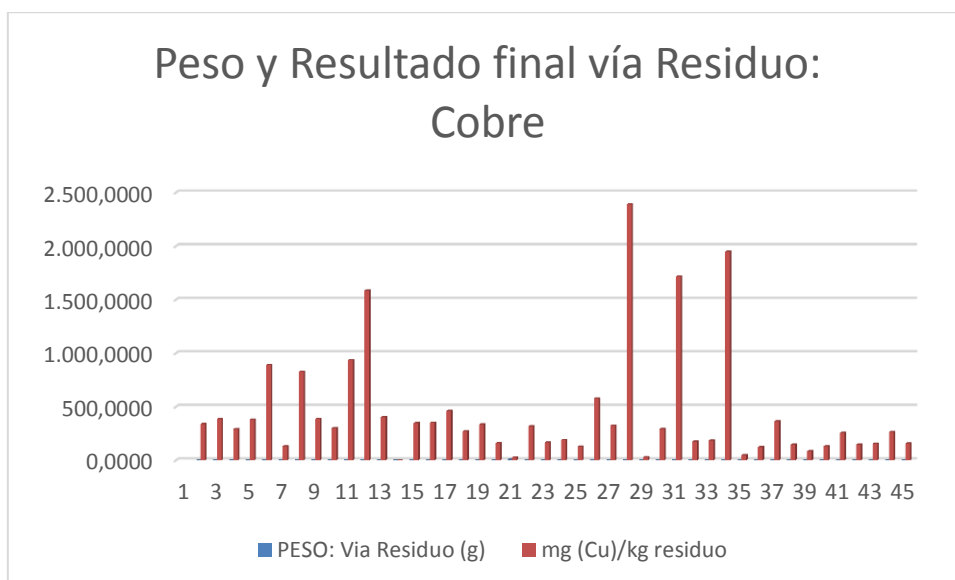
Elaborado por: Angélica Cruz

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”**



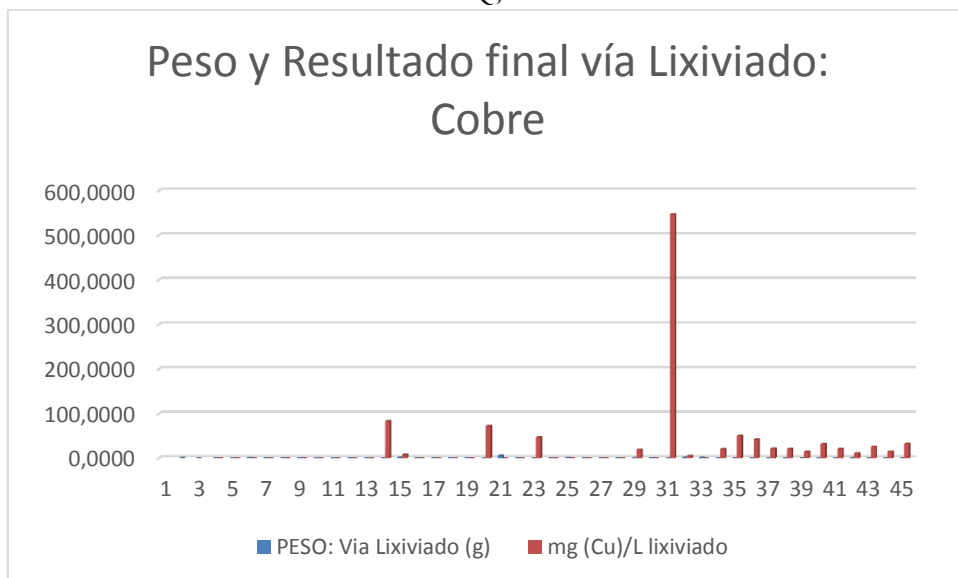
Elaborado por: Angélica Cruz

Cobre:



Elaborado por: Angélica Cruz

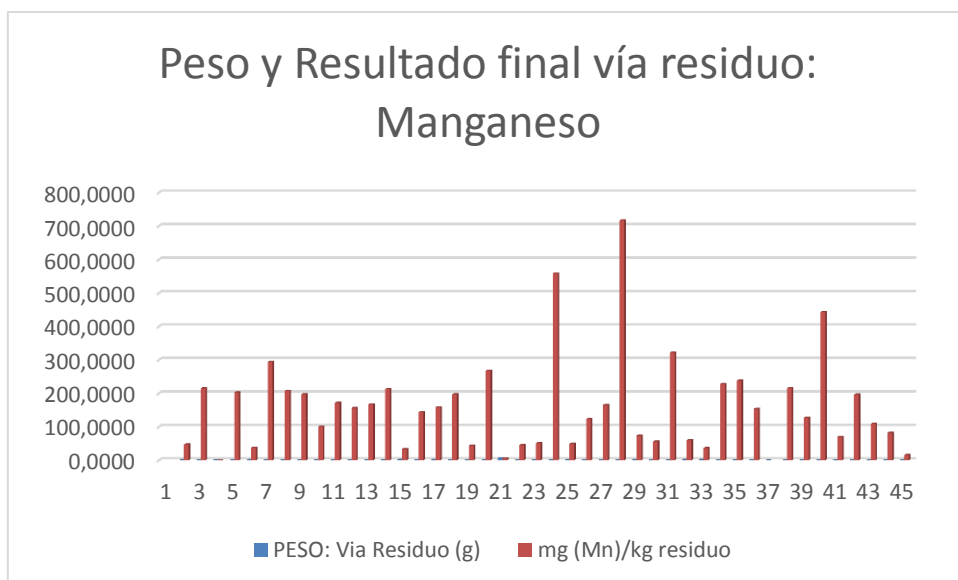
**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”**



Elaborado por: Angélica Cruz

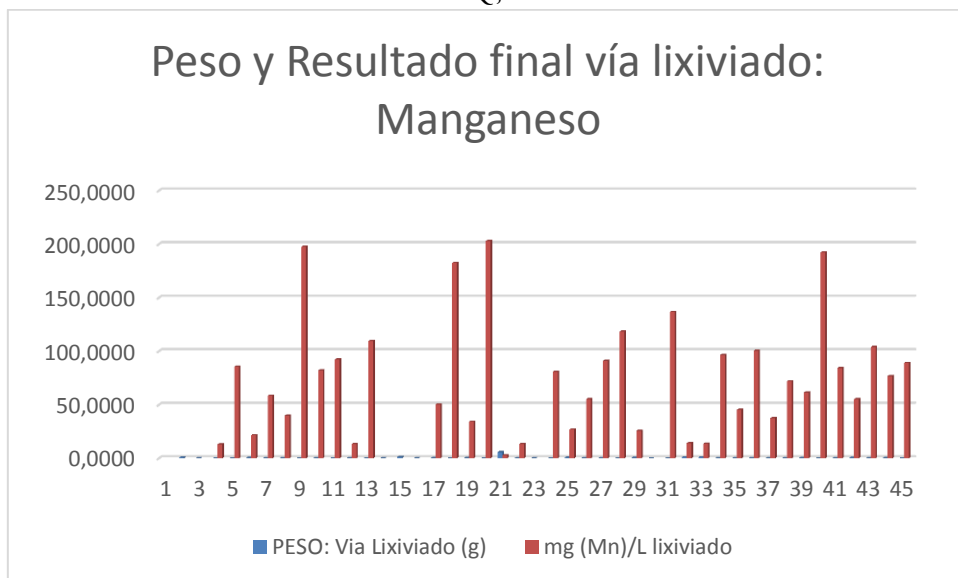
Cadmio: valores no detectables por el método

Manganeso:



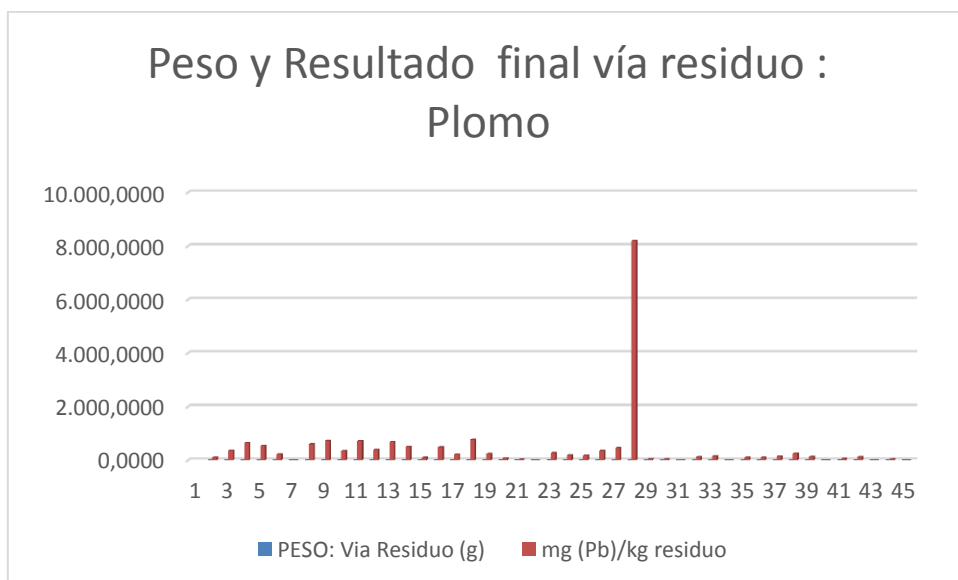
Elaborado por: Angélica Cruz

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”**



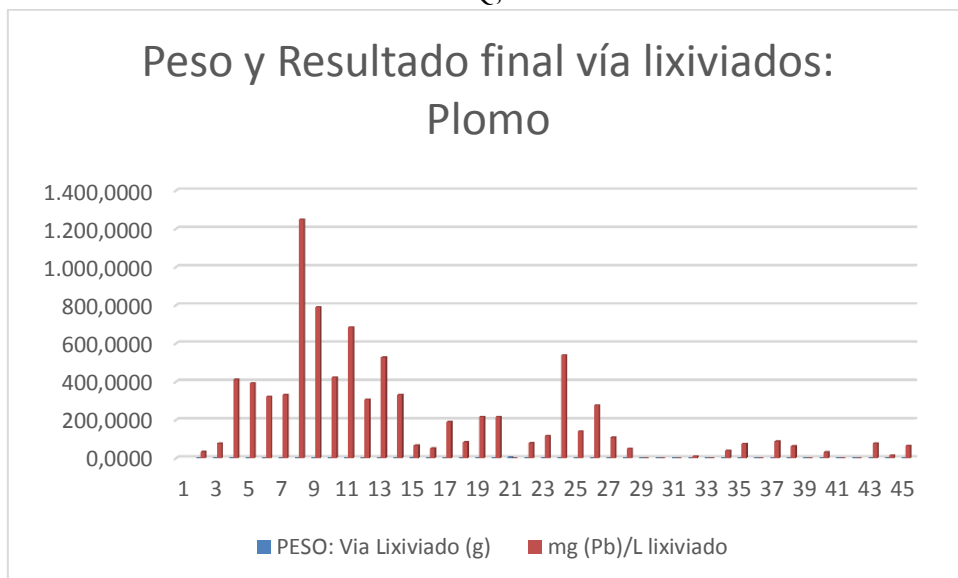
Elaborado por: Angélica Cruz

Plomo:



Elaborado por: Angélica Cruz

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”



Elaborado por: Angélica Cruz

3.5 Datos Estadísticos

- **Peso vía residuo y peso vía lixiviado**

	PESO: Via Residuo	PESO: Via Lixiviado
Media	0.44	0.43
Error típico	-	-
Mediana	0.23	0.23
Moda	0.10	0.19
Desviación estándar	0.90	0.88
Varianza de la muestra	0.80	0.77
Curtosis	36.22	35.13
Coeficiente de asimetría	2.05	2.05
Rango	5.93	5.76
Mínimo	0.05	0.05
Máximo	5.98	5.81
Suma	19.26	18.47
Cuenta	43.00	43.00
Nivel de confianza(95.0%)	0.01	0.01

Elaborado por: Angélica Cruz

- **Níquel**

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

	mg (Ni)/kg residuo	mg (Ni)/L lixiviado
Media	26.89	38.89
Error típico	-	-
Mediana	0.00	0.00
Moda	-	-
Desviación estándar	63.48	94.17
Varianza de la muestra	4029.65	8868.09
Curtosis	12.17	18.78
Coeficiente de asimetría	2.36	2.42
Rango	315.06	538.79
Mínimo	0.00	0.00
Máximo	315.06	538.79
Suma	1183.31	1711.27
Cuenta	7.00	6.00
Nivel de confianza(95.0%)	1.50	2.41

Elaborado por: Angélica Cruz

- Zinc

	mg (Zn)/kg residuo	mg (Zn)/L lixiviado
Media	956.36	63.55
Error típico	-	-
Mediana	540.41	0.00
Moda	-	-
Desviación estándar	1284.41	216.56
Varianza de la muestra	1649713.35	46899.14
Curtosis	14.66	15.96
Coeficiente de asimetría	1.34	3.41
Rango	7414.63	1059.47
Mínimo	0.00	0.00
Máximo	7414.63	1059.47
Suma	41123.64	2669.28
Cuenta	22.00	22.00
Nivel de confianza(95.0%)	17.17	2.90

Elaborado por: Angélica Cruz

- Cobre

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

	mg (Cu)/kg residuo	mg (Cu)/L lixiviado
Media	435.09	25.98
Error típico	-	-
Mediana	292.01	0.00
Moda	-	-
Desviación estándar	522.88	84.82
Varianza de la muestra	273399.57	7194.36
Curtosis	5.59	36.93
Coeficiente de asimetría	1.20	3.26
Rango	2390.24	546.82
Mínimo	0.00	0.00
Máximo	2390.24	546.82
Suma	19143.98	1091.11
Cuenta	30.00	4.00
Nivel de confianza(95.0%)	5.99	2.66

Elaborado por: Angélica Cruz

- Cadmio: valores no detectables por el método
- Manganeso

	mg (Mn)/kg residuo	mg (Mn)/L lixiviado
Media	162.69	75.06
Error típico	-	-
Mediana	153.61	72.00
Moda	-	-
Desviación estándar	143.46	54.09
Varianza de la muestra	20580.37	2925.90
Curtosis	5.22	0.42
Coeficiente de asimetría	0.88	0.72
Rango	717.07	199.93
Mínimo	0.00	2.97
Máximo	717.07	202.90
Suma	6995.63	2777.36
Cuenta	41.00	36.00
Nivel de confianza(95.0%)	1.40	0.57

Elaborado por: Angélica Cruz

- Plomo

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

	mg (Pb)/kg residuo	mg (Pb)/L lixiviado
Media	427.36	193.07
Error típico	-	-
Mediana	171.75	78.85
Moda	-	-
Desviación estándar	1220.84	255.98
Varianza de la muestra	1490458.47	65524.05
Curtosis	40.61	6.01
Coefficiente de asimetría	2.86	1.33
Rango	8195.12	1248.67
Mínimo	0.00	0.00
Máximo	8195.12	1248.67
Suma	18803.89	8495.23
Cuenta	22.00	16.00
Nivel de confianza(95.0%)	16.32	4.01

Elaborado por: Angélica Cruz

3.6 Cantidad de peso por día de muestreo:

En el siguiente grafico se toma una media de los días de muestreo de RSU en las Estaciones de transferencia ET1 Y ET2 del DMQ y se compara con la cantidad de peso encontrado.



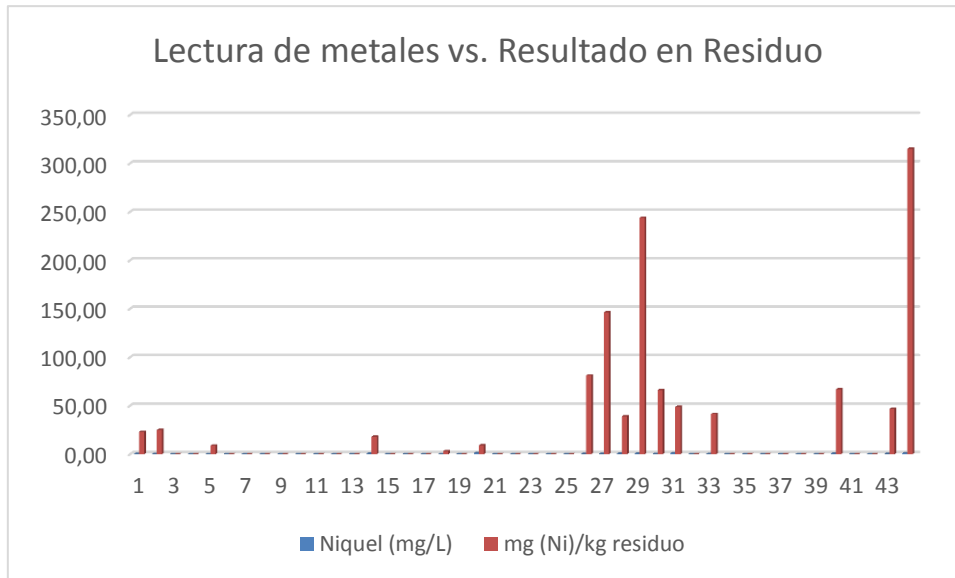
Elaborado por: Angélica Cruz

3.7 Lectura de metales en comparación con resultado obtenido

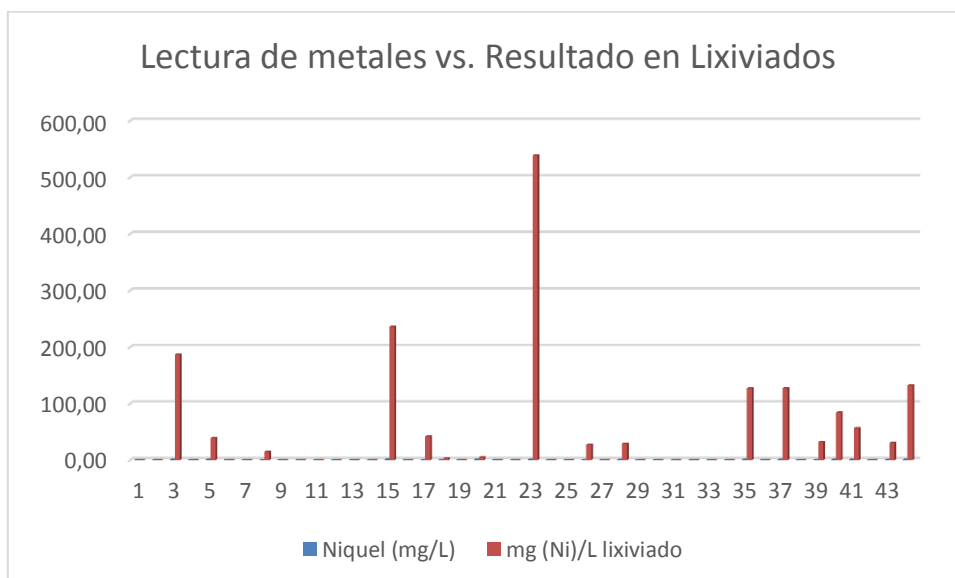
**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”**

La lectura de metales se muestra casi inexistente en comparación con el resultado obtenido.
Debido a altos valores en resultados.

Níquel:



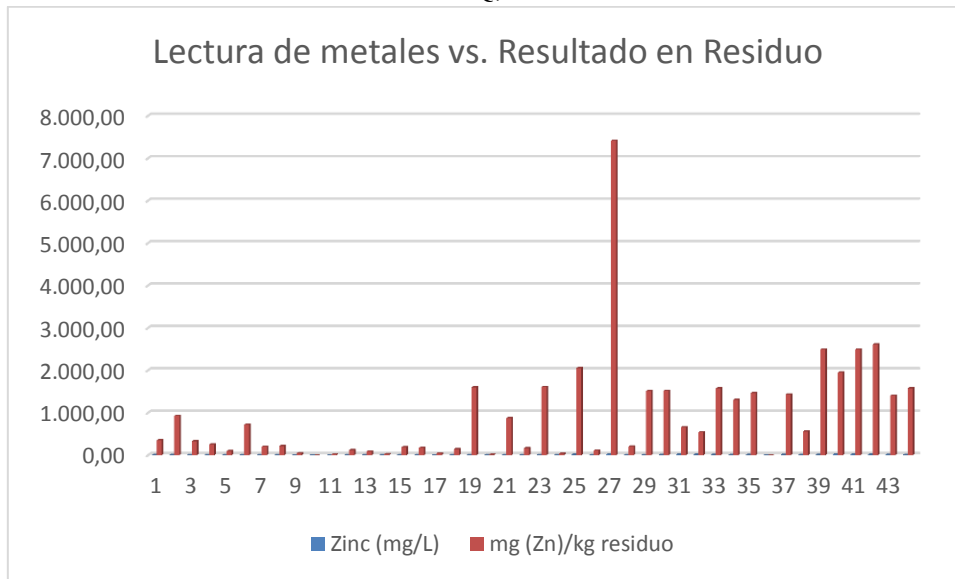
Elaborado por: Angélica Cruz



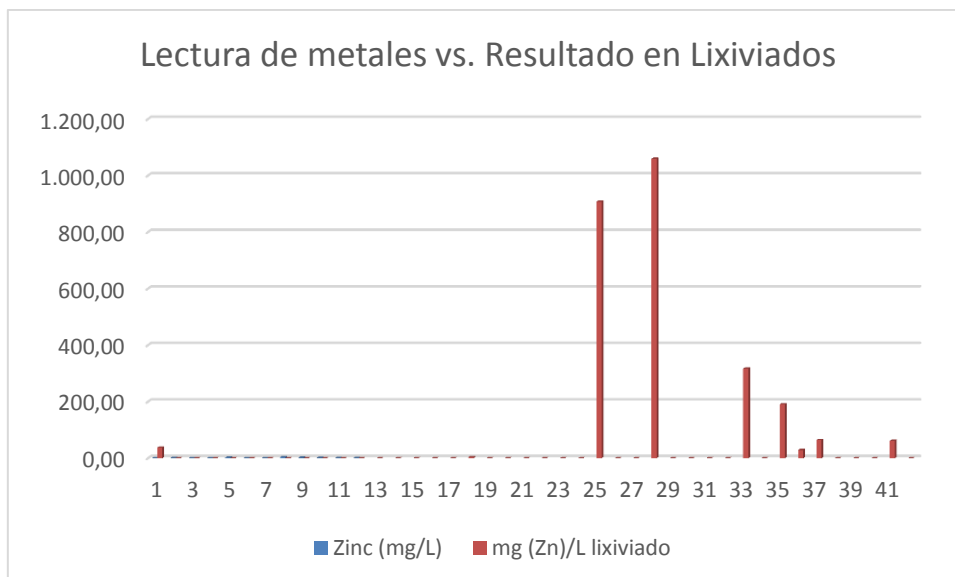
Elaborado por: Angélica Cruz

Zinc:

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”**



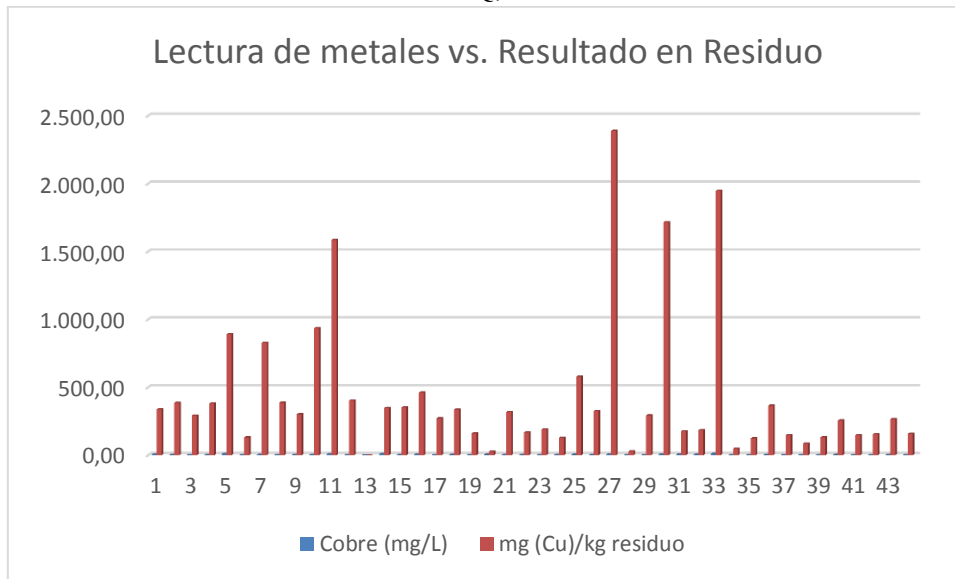
Elaborado por: Angélica Cruz



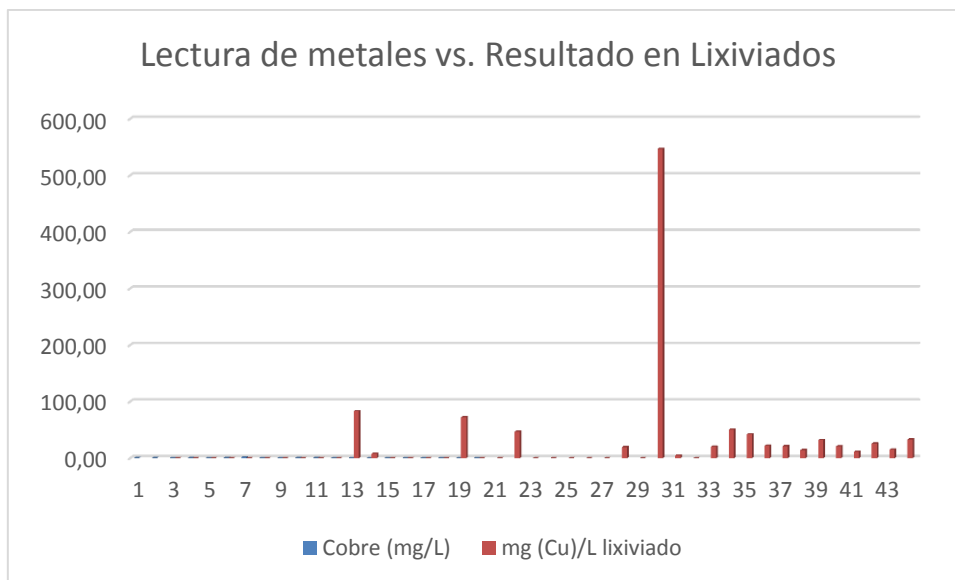
Elaborado por: Angélica Cruz

Cobre:

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”**



Elaborado por: Angélica Cruz

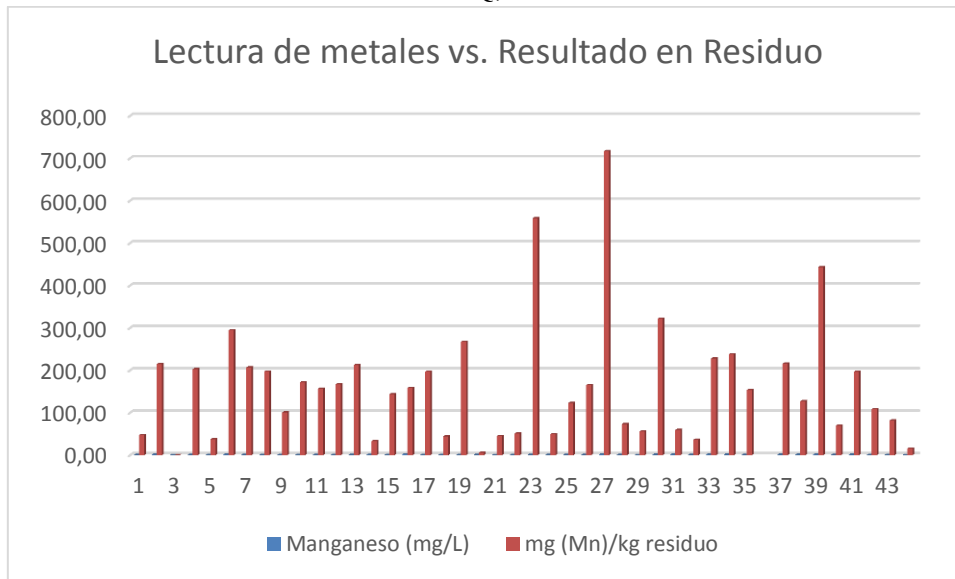


Elaborado por: Angélica Cruz

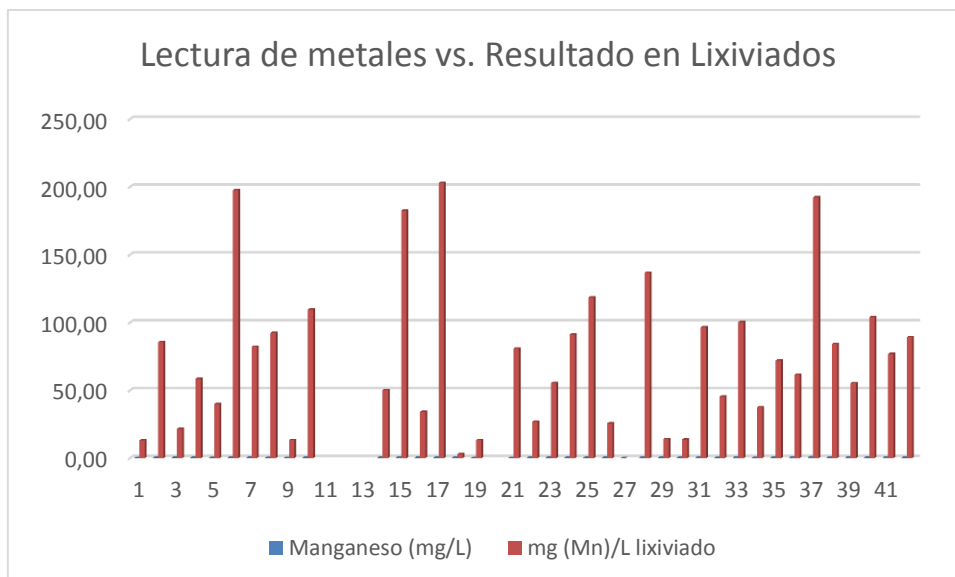
Cadmio: valores no detectables por el método.

Manganeso:

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”**



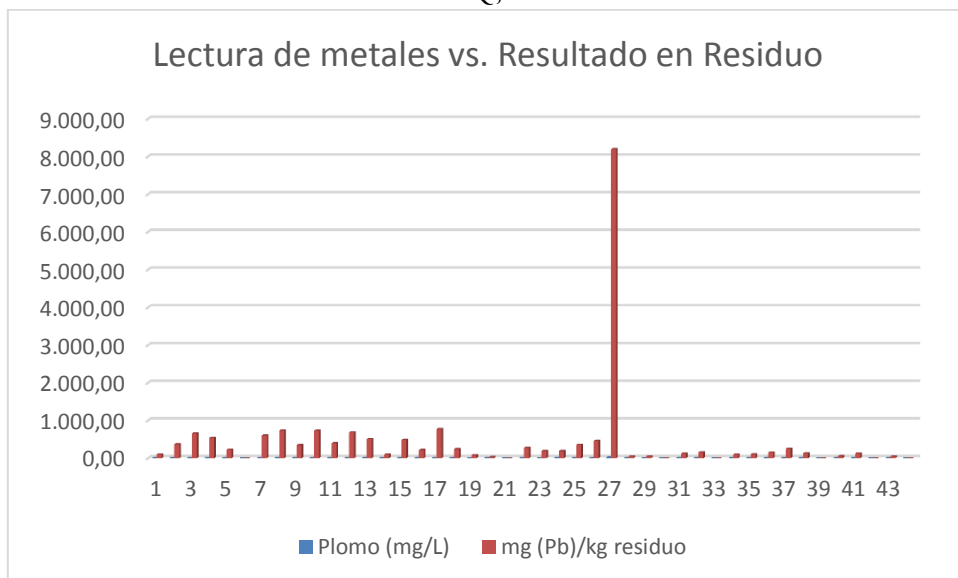
Elaborado por: Angélica Cruz



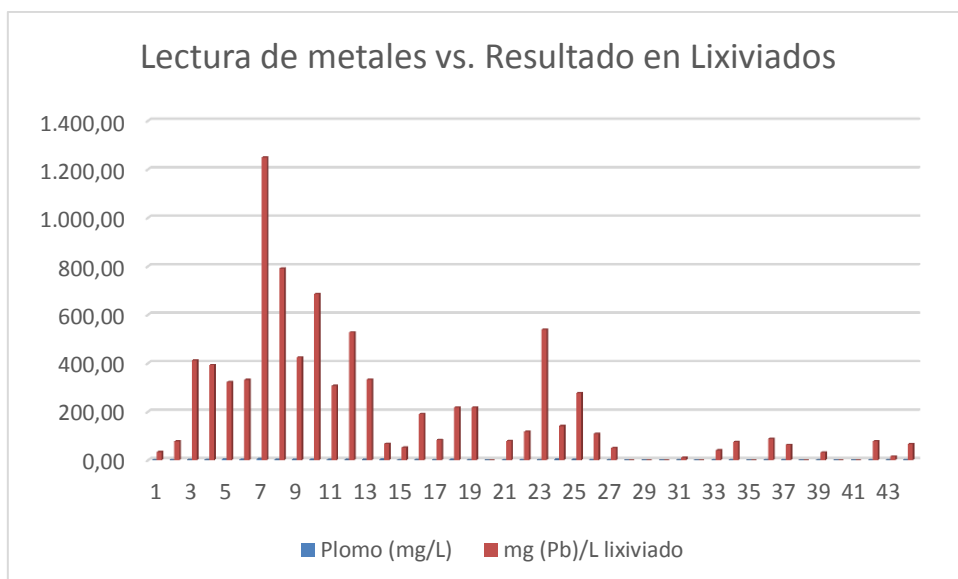
Elaborado por: Angélica Cruz

Plomo:

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”**



Elaborado por: Angélica Cruz



Elaborado por: Angélica Cruz

IV. DISCUSIÓN

El método escogido de agua regia para disolver metales probó ser óptimo para este tipo de estudio. El ataque ácido que atraviesan las cenizas diluye los metales pesados, conservando su concentración.

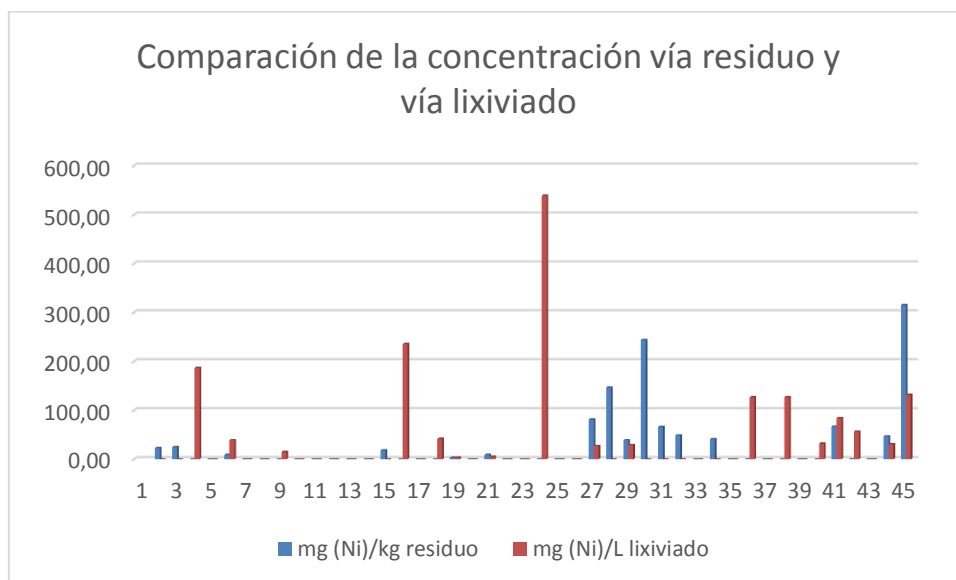
“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

Las cenizas producto de la combustión de residuos, están compuestas por las sustancias inorgánicas no combustibles de los mismos. Son de origen básico en cuanto a su potencial de hidrógeno como hemos constatado en la medición de pH de las 88 muestras hasta el momento realizadas.

La mayor concentración de metales en una comparación vía residuo y vía lixiviado, es del método vía residuo debido en que este, medimos los metales presentes y no los capaces de lixiviar. Teniendo estos una concentración menor. Comprobando nuestra hipótesis SI existen metales pesados en las cenizas. Encontrando una concentración alta de los mismos, bajando su concentración en condiciones de lixiviación.

4.1 Comparación de la Concentración vía residuo y vía lixiviado

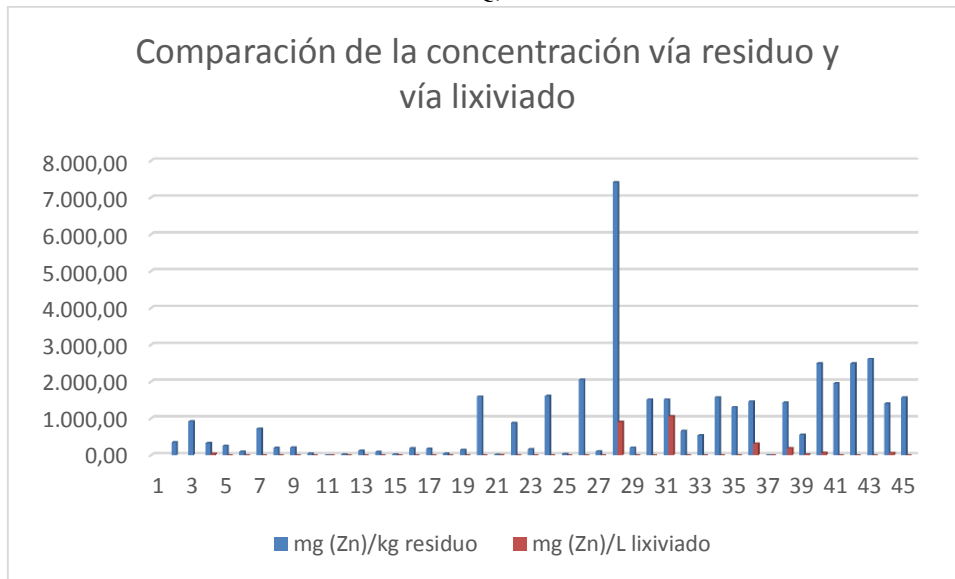
Níquel:



Elaborado por: Angélica Cruz

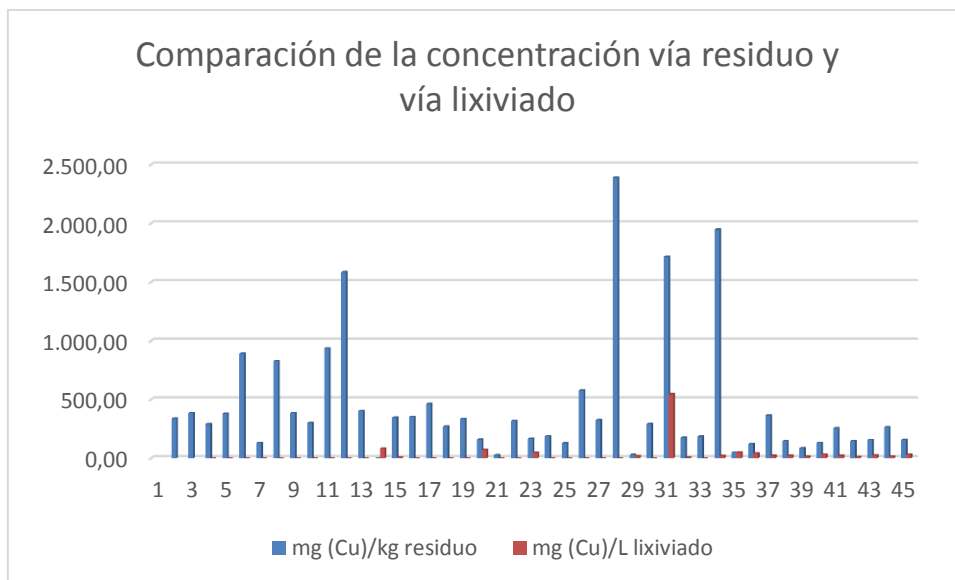
Zinc:

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”**



Elaborado por: Angélica Cruz

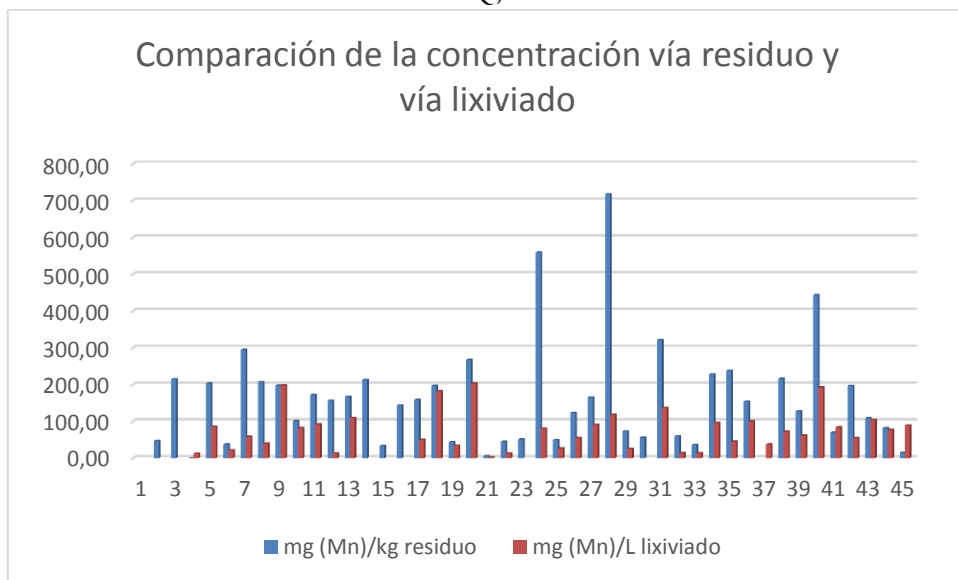
Cobre:



Elaborado por: Angélica Cruz

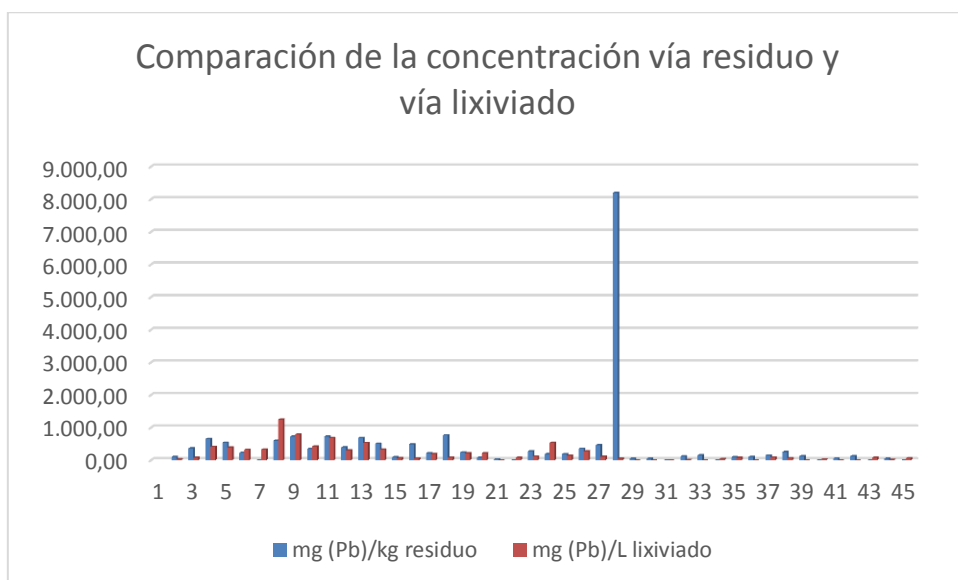
Manganeso:

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”**



Elaborado por: Angélica Cruz

Plomo

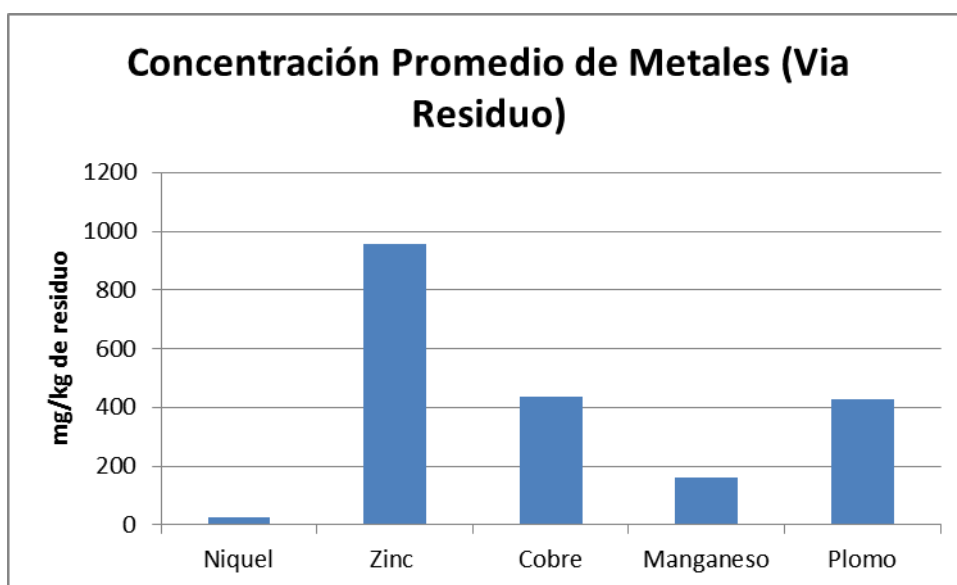


Elaborado por: Angélica Cruz

4.2 Los niveles más altos de concentración de metales pesados se encuentran en el Zinc (vía residuo) y el plomo (vía lixiviado)

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

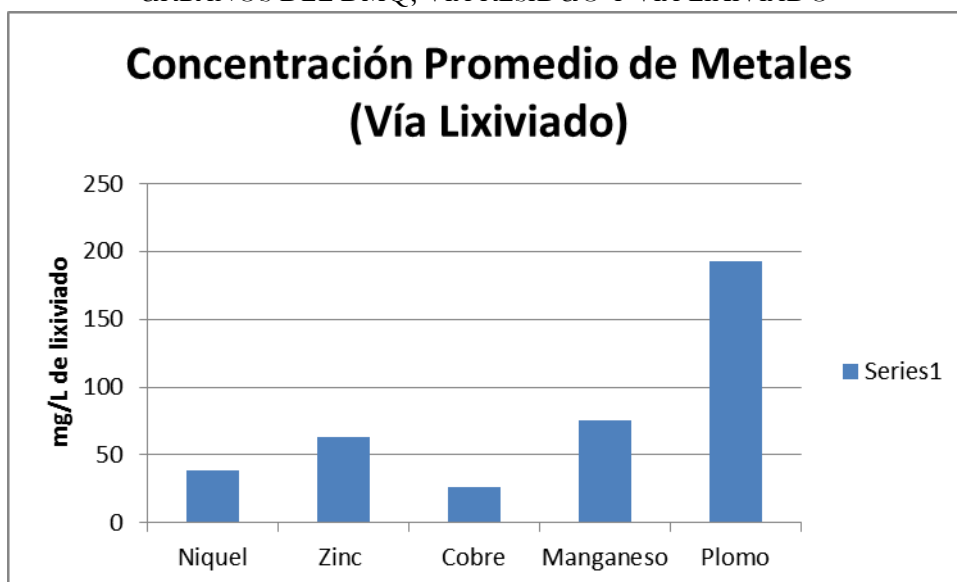
Promedio vía residuo	
Metal	resultado real en mg / kg de residuo
Niquel	26,89
Zinc	956,36
Cobre	435,09
Manganeso	162,69
Plomo	427,36



Elaborado por: Angélica Cruz

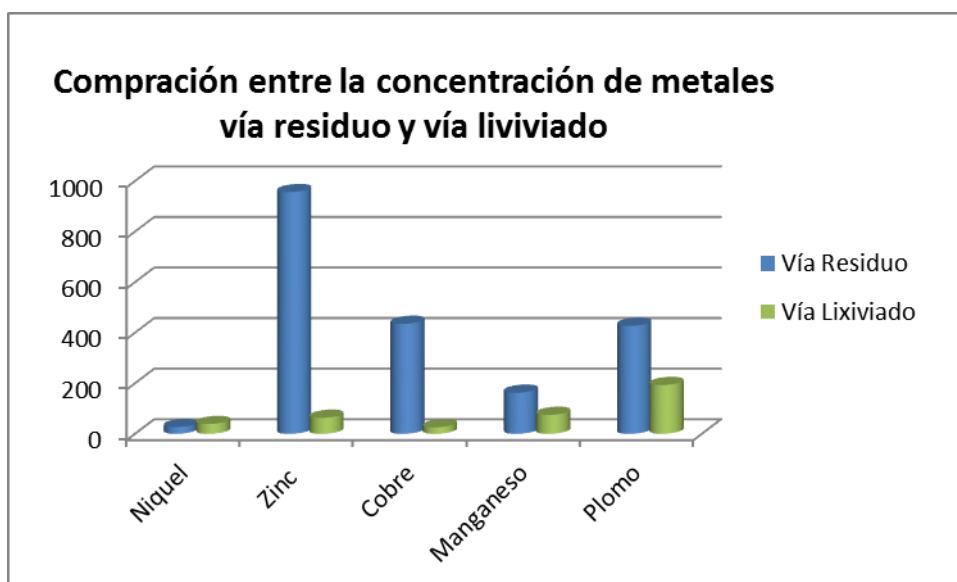
Promedio vía lixiviado	
metal	en mg/L lixiviado
Niquel	38,89
Zinc	63,55
Cobre	25,98
Manganeso	75,06
Plomo	193,07

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”**



Elaborado por: Angélica Cruz

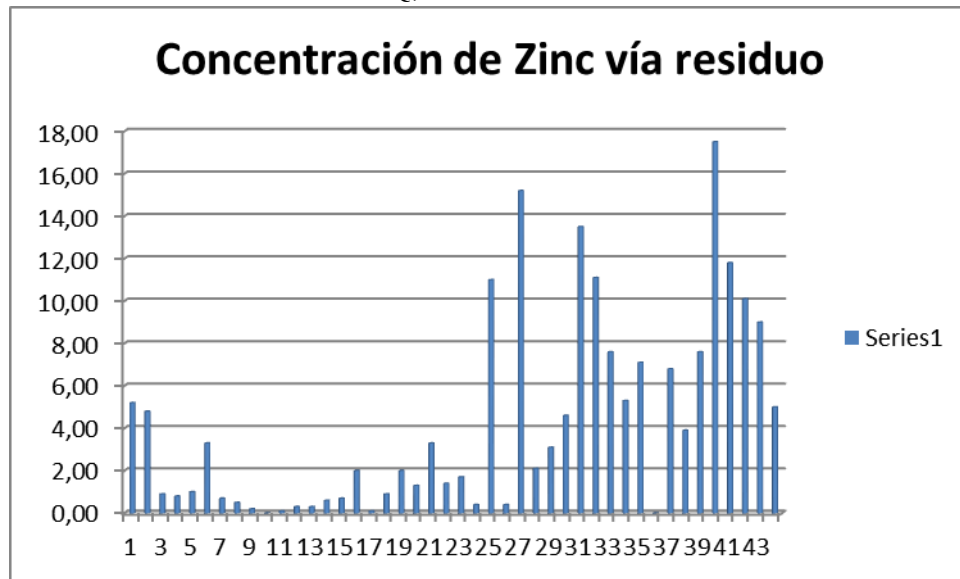
4.3 Cuadro comparativo entre la concentración de metales vía residuo y vía lixiviado.



4.3 Concentraciones máximas:

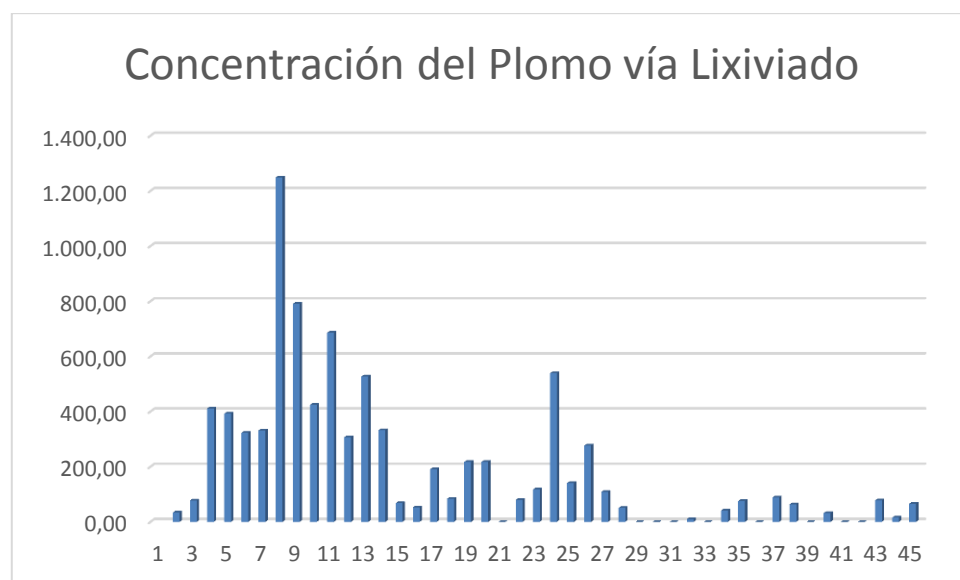
Zinc vía residuo

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”**



Elaborado por: Angélica Cruz

Plomo vía Lixiviado



Elaborado por: Angélica Cruz

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

En cuanto a los niveles de cadmio registrados, siendo el valor mínimo de detección instrumental del equipo (EAA): 0,08 mg/l, todos los datos de las 88 muestras analizadas resultaron no detectables (ND) por el presente método.

En lo referente al ensayo TCLP, método que emula las características más ácidas de un medio para que los componentes capaces de lixiviar lo hagan, se confirmó también como un excelente método en la presente investigación.

Es importante recalcar que existen EAA capaces de cuantificar cantidades menores al valor mínimo de detección del Espectrofotómetro utilizado, que representaría datos más precisos en cuanto a medir la concentración de metales pesados se refiere.

El número de muestras debe representar al universo que constituyen los residuos sólidos urbanos del DMQ . En la presente se realizaron 88 diluciones analizadas correspondientes a los meses de abril y mayo:

88 muestras
44: Vía residuo
44: Vía lixiviado

Con un total de 37, 0267 gramos de cenizas examinadas.

4.4. Conclusiones

- ✓ La concentración promedio de Níquel (vía residuo) es de 26,89 mg/ kg de residuo. La máxima concentración en el análisis vía residuo encontrada en las muestras recolectadas en los meses de abril y mayo la del 29 de Mayo del 2014 es 315,06 mg/kg de residuo. En cuanto a la concentración promedio de Níquel en las muestras vía lixiviado encontramos 38,89 mg/L de lixiviado con su concentración máxima el día 17 de abril del 2014 con 538,79 mg/L.
- ✓ La concentración promedio de Zinc (vía residuo) es de 956,36 mg/ kg de residuo. Siendo la máxima concentración encontrada en las muestras recolectadas en los meses de abril y mayo la 18 de abril del 2014 encontrándose en 7.414,63 mg/ kg de residuo. En cuanto a la concentración promedio de zinc en las muestras vía lixiviado se tiene un promedio de 63,55 mg/L de lixiviado.

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

- ✓ La concentración promedio de Cobre (vía residuo) es de 435,09 mg/ kg de residuo. Siendo la máxima concentración encontrada en las muestras recolectadas en los meses de abril y mayo la del 18 de abril del 2014 encontrándose en 2.390,24 mg/ kg de residuo. En cuanto a la concentración promedio de cobre en las muestras vía lixiviado encontramos 25,98 mg/L de lixiviado.
- ✓ La concentración promedio de Manganeso (vía residuo) es de 162,69 mg/ kg de residuo. Siendo la máxima concentración encontrada en las muestras recolectadas en los meses de abril y mayo la del 18 de abril del 2014 encontrándose en 717,07 mg/ kg de residuo. En cuanto a la concentración promedio de manganeso en las muestras vía lixiviado encontramos 75,06 mg/L de lixiviado.
- ✓ La concentración promedio de Plomo (vía residuo) es de 427,36 mg/ kg de residuo. Siendo la máxima concentración encontrada en las muestras recolectadas en los meses de abril y mayo la del 18 de abril del 2014 encontrándose en 8.195,12 mg/ kg de residuo. En cuanto a la concentración promedio de Níquel en las muestras vía lixiviado encontramos 193,07 mg/L de lixiviado.
- ✓ En cuanto a los niveles de cadmio registrados, siendo el valor mínimo de detección instrumental del equipo (EAA): 0,08 mg/L, todos los datos de las 88 muestras analizadas resultaron no detectables (ND) por el presente método. Lo que se traduce a valores bajos que tienden a cero. Por lo que se concluye que no existen valores altos que demuestren mayor concentración de cadmio en las muestras analizadas de residuos sólidos urbanos recolectadas en los centros de transferencia ET1 y ET2 del DMQ.
- ✓ Los residuos existentes en las estaciones de transferencia ET1 y Et2 que conforman el universo es de naturaleza heterogénea, esto genera una alta variabilidad en las concentraciones de todos los metales estudiados.
- ✓ Existe una alta dispersión en los resultados de las muestras tomadas y analizadas, no obstante la mayoría de los datos confirman la presencia de metales pesados en los residuos.

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

- ✓ La dispersión de la concentración de los metales pesados en la basura a lo largo del tiempo se mantendrá así, mientras no existe una separación previa y un tratamiento de los RSU.
- ✓ Debido a la alta aleatoriedad de las muestras no es posible obtener un comportamiento estadístico de la concentración de metales pesados, esto debido a que en el DMQ no existe ningún tipo de separación de residuos ni tratamiento previo a la disposición final.
- ✓ El 18 de abril del 2014 se obtuvo la muestra que mayor concentración de metales a lo largo de todo el estudio presentó. Lo que se entiende que en las muestras recolectadas hubo una mayor incidencia de residuos con composición metálica.
- ✓ Fue de vital importancia la unión de cenizas (orgánico, textil, papel) por días muestreados, debido a que en la realidad, en los centros de transferencia la basura se encuentra sin separación alguna. Es importante debido también a que las cenizas separadas se encuentran en cantidades mínimas, lo que no refleja valores ni resultados representativos.
- ✓ De las 88 muestras analizadas: 44 vía residuo y 44 vía lixiviado se determinó que las cenizas resultantes del proceso de incineración de RSU del DMQ contienen en mayor cantidad Zinc y en menor cantidad detectado Níquel.
- ✓ De las 88 muestras analizadas: 44 vía residuo y 44 vía lixiviado se determinó que las cenizas resultantes del proceso de incineración de RSU del DMQ que el metal con mayor potencial de lixiviación es el plomo y en menor cantidad detectado el cobre.
- ✓ El método escogido de agua regia para disolver metales pesados probó ser óptimo para este tipo de estudio. El ataque ácido que atraviesan las cenizas diluye los metales pesados, conservando su concentración.
- ✓ En lo referente al ensayo TCLP, método que emula las características más ácidas de un medio para que los componentes capaces de lixiviar lo hagan, se confirmó también como un excelente método para la presente investigación.
- ✓ Las cenizas producto de la combustión de RSU, están compuestas por las sustancias inorgánicas no combustibles de los mismos. Todas se

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

comprobaron de origen básico en cuanto a su potencial de hidrógeno como hemos constatado en la medición de pH de las 88 muestras realizadas, con un promedio de 11,02.

- ✓ La mayor concentración de metales en una comparación vía residuo y vía lixiviado, es del método vía residuo debido en que este, medimos los metales presentes y no los capaces de lixiviar, teniendo estos una concentración menor.
- ✓ La capacidad de lixiviación del Niquel es sumamente alta, ya que los resultados obtenidos son muy similares comparando los dos métodos.
- ✓ La capacidad de lixiviación del Zinc es baja, comprando los resultados obtenidos por los dos métodos.
- ✓ En cuanto al cobre Manganeso y Plomo, presentan un nivel de lixiviación similar entre sí.
- ✓ Debido a que el DMQ no cuenta con límites permisibles para metales pesados en cenizas, ni lixiviados provenientes de las mismas no hay valores para utilizar como referencia o comparar si los resultados obtenidos son altos o bajos. Se constató que existen metales pesados si, y para asumir algún tipo de referencia general se comparó con la Ordenanza Metropolitana No. 0404, reformatoria de la Ordenanza Metropolitana No. 213, sustitutiva del Título V “Del Medio Ambiente” del libro segundo del Código Municipal, la cual se encuentra en vigencia actualmente en el DMQ,
- ✓ Se comprobó la hipótesis, afirmando que Si existen metales pesados en las cenizas provenientes del proceso de incineración de metales pesados de RSU del DMQ. Por lo cual no es posible una disposición final de las cenizas sin antes haber realizados un proceso previo de descontaminación o inertización.
- ✓ Se confirmó como una opción válida el proceso térmico de incineración de RSU debido a que reduce el peso y el volumen de los mismos. Mas en el caso de aplicarse, es necesario prever paralelamente un tratamiento a las cenizas resultantes debido a que las mismas poseen metales pesados: bioacumulables y tóxicos para el medio ambiente y el ser humano
- ✓ En la presente investigación se realizaron 88 diluciones correspondientes a los meses de abril y mayo, con un total de 37, 0267 gramos de cenizas examinadas.

4.5 Recomendaciones

- Es válida la comparación entre la cantidad de metales pesados antes de la incineración en los residuos sólidos urbanos en el DMQ y post incineración, investigación que se va a comenzar a realizar en la facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad SEK.
- En un futuro es aconsejable muestrear una mayor cantidad de meses en durante el mismo año de esta manera, se obtendrán resultados más eficientes y representativos.
- Aplicar métodos de medición de metales pesados más sensibles que presenten un mayor rango de apreciación que las obtenidas por el espectrofotómetro de absorción atómica utilizado en el laboratorio de química de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Internacional SEK.
- Desde el punto de vista técnico-ambiental, las cenizas deben estar orientadas hacia el reuso y no la disposición final.
- Los resultados obtenidos en la presente investigación deberían ser utilizados para generar políticas e implantar iniciativas distintas, que prevean varias formas de gestión y disposición final de los RSU.

V MATERIALES DE REFERENCIA (BIBLIOGRAFÍA)

- ✓ López, J., Pereira, J., Rodríguez, R. (1980). *Eliminación de los Residuos Sólidos Urbanos*. Barcelona: Editores Técnicos Asociados.
- ✓ Henry, G & Heinke, G. (1999). *Ingeniería Ambiental*. México: Prentice Hall
- ✓ Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S. (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. México: Antonio García Braje.
- ✓ Ilustre Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (2008). *Atlas Ambiental*. Quito: Imprenta Mariscal.
- ✓ Harari et al. (2007). *Residuos Peligrosos, ambiente y evaluación del impacto en salud*. Quito: IFA (Corporación para el desarrollo de la producción y el medio ambiente laboral).
- ✓ Walton, H., Reyes, J. (2005). *Análisis Químico e Instrumental Moderno*. Barcelona: Editorial Reverté.

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

- ✓ Martínez, J. (2005). *Guía para la gestión integral de residuos peligrosos, fichas temáticas*. Uruguay: Red de Centros.
- ✓ Gallardo- Gallardo, G. (2006). *Evaluación técnica socio ambiental y económica, el relleno sanitario Inga Bajo*. Tesis de Grado no publicada, Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.
- ✓ Salazar, A.(2013). *“Determinación de partículas totales en suspensión (PTS) y concentración de metales pesados en muestras de aire respirable en la estación de transferencia de residuos urbanos “ET2” del sector de Zámbriza”*. Tesis de Grado no publicada, Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador.
- ✓ Ayala, I.(2013). *Cuantificación del poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos urbanos del Distrito Metropolitano de Quito*. Tesis de grado no publicada, Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador.
- ✓ Oviedo, E. (2000). *Puzolanas*. Tesis de grado no publicada, Universidad Internacional SEK. Quito, Ecuador.
- ✓ Sarzosa, J. (2013). *Gestión Integral de Residuos Sólidos en San Pedro de Taboada*. Tesis de grado no publicada, Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.
- ✓ Abril, A., Uvidia, P. (2013). *REALIDADES INVISIBLES: Propuesta para promover el respeto a los gestores informales de basura, a través del conocimiento de su oficio y del reciclaje de la basura mediante la separación de desechos en húmedos y secos (orgánicos e inorgánicos)*. Tesis de grado no publicada, Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.
- ✓ Pazmiño, M. (2012). *“Consultoría para la realización de un estudio de caracterización de residuos sólidos urbanos domésticos y asimilables a domésticos para el distrito metropolitano de Quito”*. Secretaria del Ambiente: Quito.
- ✓ Ministerio del Ambiente. (2014, 20 de febrero) Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos – PNGIDS ECUADOR. Programa 'PNGIDS' Ecuador. Disponible en <http://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>
- ✓ Registro Oficial No. 522. (2003). *Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria*. Ecuador.
- ✓ González, Tornero, Ángeles y Bonilla. *Concentración total y especiación de metales pesados en biosólidos de origen urbano*. [En línea]: v.25 n.1

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

México feb: Revista Internacional de la Contaminación Ambiental, 2009 [fecha de consulta: 31 abril del 2014]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992009000100002

- ✓ F. Robles, Y. Morales, A. Piña, O. Espíndola, L. Tovar y G.Valencia. Medición de pH y cuantificación de metales pesados en los lixiviados del relleno sanitario más grande de la zona Metropolitana de la ciudad de México .Universidad y Ciencia. [en línea]. 27(2):121-132,2011, 2011. [fecha de consulta: 31 de marzo de 2014]. Disponible en: www.ujat.mx/publicaciones/uciencia
 - ✓ Red Salud. (2012). Método y Procedimiento para Determinar la Característica de Toxicidad por Lixiviación (Test TCLP). Obtenido 04 de abril de 2014, a partir de http://seremi9.redsalud.gob.cl/wrdprss_minsal/wp-content/uploads/2012/05/Test_TCLP_EPA_1311.pdf
 - ✓ Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de los Residuos Sólidos EMGIRS EP. Recuperada el 4 de abril de 2014, de <http://www.emgirs.gob.ec/index.php/operaciones/estacion-de-transferencia-norte>
 - ✓ Romero, Arturo. (n.f.). Incineración de Residuos Sólidos Urbanos. Dpto. de Ingeniería Química. Facultad de CC. Químicas. Universidad Complutense de Madrid. 28040 Madrid. Disponible en: http://www.bizkaia21.net/fitxategiak/09/bizkaia21/Territorio_Sostenible/dokumentuak/20100902171833441_C2-327.pdf
 - ✓ De la Torre, Francisco. (n.f.). Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos, Distrito Metropolitano de Quito. Revista de casos exitosos de Programa de Gestión Integrada de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe. Disponible en: <http://www.dirsa.org/pgirsu/inicio.html>
- “EcuRed”. 16 de abril de 2014. Metales pesados. Recuperado de: http://www.ecured.cu/index.php/Metales_pesados
- ✓ Orellana, D. (2012). *Análisis de residuos sólidos urbanos del DMQ para cuantificación de carbono y metano como gas de efecto invernadero*. (Tesis de ingeniería). Universidad Internacional SEK. Quito.

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

- ✓ Ribeiro, A., Mateus, E., y Lima, A. (2011). Cenizas volantes de incineradoras de residuos sólidos urbanos: Tratamientos y Aplicaciones. *Ingeniería Química*, 460, 110-122.
- ✓ Secretaria de Ambiente. (s.f.). La Institución. Recuperado el 8 de septiembre de 2014, de http://www.quitoambiente.gob.ec/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=17&Itemid=74&lang=es

5.1 Anexos

Anexo 1: Pesaje de cenizas



Anexo 2: División de cenizas para realizar ensayo TCLP

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”



Anexo 3: Medición de pH y agitación



“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

Anexo 4: Fluido núm. 1 y fluido núm. 2 para ensayo TCLP



Anexo 5: EAA



“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS CENIZAS
OBTENIDAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DEL DMQ, VÍA RESIDUO Y VÍA LIXIVIADO”

Anexo 6: Cenizas en Agua Regia



Anexo 7: cenizas reunidas por día de muestra

