

# **“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”**

Angélica de las Mercedes Cruz Andrade

1. Universidad Internacional SEK

2014

---

## **1. INTRODUCCIÓN.**

El manejo de los RSU es uno de los principales problemas ambientales de los municipios. La mayoría de residuos urbanos en el Distrito Metropolitano de Quito 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).

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 (EMASEO, 2012). Las Estaciones de Transferencia: Norte (ET2 Zámbriza) y Sur (ET1 Santa Rosa) receptan 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.

Como podemos observar a lo largo de todo el proceso de gestión integral de residuos sólidos urbanos quiteño no existen procesos de análisis de los mismos, 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). 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 analizar e implementar la opción de un proceso térmico como lo es la 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.

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.))

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).

Es ineludible evaluar la concentración de metales pesados (Níquel, Zinc,

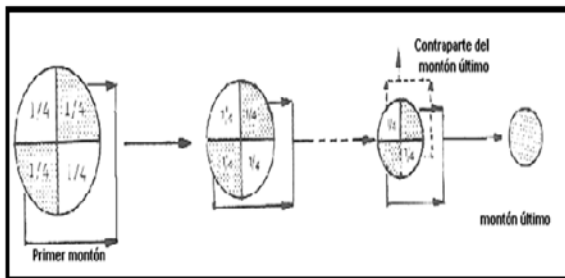
Cobre, Manganese, Plomo, Cadmio) en las cenizas resultantes de la incineración de los RSU del DMQ, ya que existe la necesidad de cubrir la falta de información existente, la misma que podrá ser el punto de partida para la adopción de nuevas políticas y medidas permanentes para las acciones post incineración y disposición final de las mismas.

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.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS.**

Para determinar la concentración de metales pesados en las cenizas resultantes del proceso de incineración de RSU del DMQ se tomó fundas al azar dentro de las Estaciones de transferencia ET1 y ET2 del DMQ y se procedió a pesarlas hasta obtener 50 kg de muestra aproximadamente, a continuación se procedió a realizar tres cuarteos y en este último se obtiene un aproximado de 5 kg de basura, con lo cual se realiza una clasificación en las distintas categorías de interés (incinerables): papel y cartón, textil y orgánico para ser analizadas posteriormente en el laboratorio (Espinosa, 2013). Allí son cortados con tijeras en pedazos no mayores a 1 cm y dispuestos en crisoles con capacidad de 50 mL. Luego 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.

La metodología de muestreo aplicada imita a la desarrollada por el Dr. Kunitoshi Sakurai en el Análisis de Residuos Sólidos de la CEPIS (2000).



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

#### Fase de Laboratorio:

Para cumplir con el objetivo de determinar metales pesados en cenizas mediante espectrometría de absorción atómica 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 llama 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).

Para el método vía residuo se escogió el procedimiento de ataque ácido por agua regia el cual 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. Para el método vía lixiviado se utilizó el Ensayo de lixiviación TCLP (Procedimiento de Lixiviación Característico de Toxicidad) (Federal Register, 1986) que es un test adecuado para determinar la movilidad, tanto de compuestos orgánicos como inorgánicos presentes en líquidos, sólidos y residuos multifásicos.

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.

#### Población y Muestra:

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

Muestra: 88 muestras correspondientes a los meses de abril y mayo: 44 vía residuo y 44 vía lixiviado. 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.

### 3. Resultados:

#### 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 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

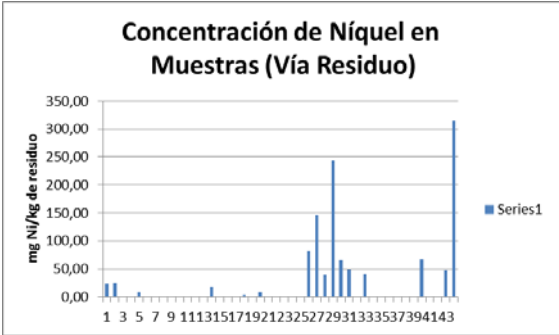
Fecha:

Ensayo TCLP (vía lixiviado)

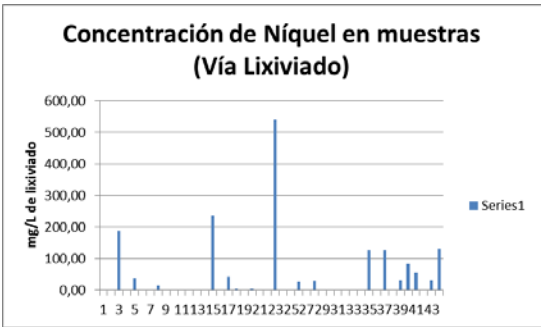
Código de Muestra	Mitad del total: a utilizar (g)	Tercera parte de la Porción a utilizar (g)	1era Medida de Ph	Segundi: Medida de

Elaborado por: Angélica Cruz

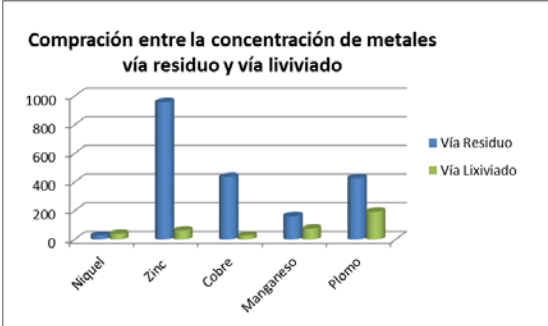
En el siguiente gráfico se muestra a manera de ejemplo la concentración en mg /kg residuo del Níquel en el análisis vía residuo de las 88 diluciones producto del átaque ácido a las cenizas.



También se muestra la concentracion de Níquel en el análisis vía lixiviado en mg/L de lixiviado.



El resultado final de la investigación se encuentra en el siguiente gráfico donde se compraran los promedios de los cinco metales analizados por las dos distintas metodologías.



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.

#### 4. 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. 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.

Los resultados de la presente investigación tienden a un modelo estadístico a través del tiempo de alta dispersión debido a que los residuos sólidos en las estaciones de transferencia se encuentran sin ningún tipo de separación ni tratamiento previo. En la basura muestreada existe alta aleatoriedad.

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, 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.

#### 5. 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 es la del 29 de Mayo del 2014: 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 2014:538,79 mg/L.
- La concentración promedio de Zinc vía residuo es de 956,36 mg/ kg de residuo. La máxima concentración encontrada en las muestras recolectadas en los meses de abril y mayo fue la del 18 de abril del 2014 encontrándose 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.
- 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 Manganeseo 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 Plomo 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.
- 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.
- 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 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.
- 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.

## 6. 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.

□ 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 Zámiza”. Tesis de Grado no publicada, Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador.