



Evaluación del riesgo químico de los minadores de la estación de transferencia ET2 Zámbez por metales pesados en el material particulado respirable¹

Evaluation of the chemical risk of the miners of the transfer station ET2 Zámbez by heavy metals in the breathable particulate material

Katty Coral²

Esteban Oviedo³

Ana Rodríguez⁴

Recibido en noviembre 2018, aceptado en abril 2019

RESUMEN

Introducción. Se determinó el riesgo químico por metales pesados en el aire respirable de los Gestores Ambientales Artesanales, en la estación de transferencia de residuos urbanos de Zámbez. Se determinaron Partículas Totales suspendidas PTS en la atmósfera de trabajo de los Gestores. **Objetivo** determinar la calidad del aire respirable en el ambiente de trabajo de los minadores, fijando su objetivo en la concentración de Níquel, Cadmio, Zinc, Cromo, Bario, Plomo. **Materiales y métodos** se utilizaran un muestreo de alto volumen, con el fin de realizar un primer barrido de metales: Níquel, Cadmio, Zinc, Cromo, Bario, Plomo en el ambiente de trabajo. **Resultados** con respecto al VLA de partículas totales suspendidas que es 3 mg/m³, se puede apreciar que en ninguno de los muestreos se sobrepasa este valor. **Discusión** Es importante reducir al mínimo la duración e intensidad de las exposiciones a estos metales, establecer tiempos máximos de permanencia en el lugar mismo de la clasificación. **Conclusiones** los equipos de protección individual EPIS, deben ser el último medio que se debe utilizar para la protección de los trabajadores

¹ Artículo original derivado del proyecto de investigación titulado Valorización Energética de los Residuos Sólidos Urbanos del Distrito Metropolitano de Quito Entidad financiadora: UISEK, fecha de realización entre 2015-2017.

² Ingeniera Química, Master en Evaluación y Control de la Contaminación Ambiental, Master en Seguridad y Salud Ocupacional, Docente Investigador, Universidad Internacional SEK, katty_coral@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1680-5650>

³ Ingeniero Ambiental, Master en Gestión y Planificación de los Recursos Naturales, Coordinador de SSA, EMPGIRS EP, jorjandrito@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8397-3419>.

⁴ Ingeniera Química, Magister en Productividad, docente, Universidad Politécnica Estatal del Carchi, alurod@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0002-7348-6094>.





Palabras Clave: Partículas, Atmosféricas, Metales Pesados, Desechos urbanos, Riesgos para la salud.

ABSTRACT

Introduction. The chemical risk was determined by heavy metals in the respirable air of the Handmade Environmental Managers, in the Zámbez urban waste transfer station. Total PTS suspended particles were determined in the working atmosphere of the Managers. **Objective** To determine the quality of the breathable air in the work environment of the miners, fixing its objective in the concentration of Nickel, Cadmium, Zinc, Chromium, Barium, Lead. **Materials and methods** will be used a high volume sampled, in order to perform a first sweep of metals: Nickel, Cadmium, Zinc, Chromium, Barium, Lead in the work environment. **Results** with respect to the VLA of suspended total particles that is 3 mg / m³, it can be seen that in none of the samplings this value is exceeded. **Discussion** It is important to minimize the duration and intensity of exposures to these metals, establish maximum dwell times at the same place of classification. **Conclusions** EPIS individual protection equipment should be the last means to be used for the protection of workers.

key words

Particulates, Atmospheric, Heavy Metals, Urban waste, Risks to health.

1. Introducción

El Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), cuenta con un sistema de recolección de residuos sólidos urbanos (RSU) que consta de tres fases: la primera es la recolección propiamente dicha en las calles de la ciudad; la segunda es el acopio temporal en las estaciones de transferencia donde son clasificados y compactados para por último ser transportados al Relleno Sanitario ubicado en la zona de El Inga, para su disposición final. En la zona Norte de la ciudad se encuentra la Estación de Transferencia ET2 Porotohuaico Zámbez y en la zona sur se encuentra la estación de transferencia Quitumbe ET1 Sur, misma que empezó su operación en julio de 2008. Las estaciones de transferencia operan las 24 horas del día, ya que la recolección en la ciudad se realiza en horarios diurnos y nocturnos. El transporte de desechos se realiza mediante tractocamiones, de 25 a 30 toneladas de capacidad por viaje. (Atlas Ambiental del Distrito Metropolitano de Quito 2008).

En la ET1 Sur, se recolectan los RSU de la zona sur del Distrito, en tanto que en la ET2 se recolectan los residuos de la zona norte. Una de las principales diferencias de estas dos estaciones de transferencia es el trabajo que realizan los denominados “minadores” o “Gestores Ambientales Artesanales” GAA en la ET2, en tanto que en la ET1 no se permite el trabajo de reciclaje de este grupo poblacional.



La Estación de Transferencia Porotohuaico – Zámbez ET2 empezó a operar en el año 2006. Consta de un galpón cubierto, con un espacio de 1300 m², con una capacidad máxima de acumulación de 800 toneladas de RSU. Sin embargo, la planta recibe diariamente, entre 1 800 y 2200 toneladas de desechos que son procesadas a lo largo del día. (Atlas Ambiental del Distrito Metropolitano de Quito 2008)

En Zámbez se formó la “Asociación de gestores artesanales Nueva Vida”; Alegría,(2012) confirma la existencia de 225 personas que forman la asociación, dedicándose al reciclaje de papel, cartón, plástico y vidrio, ganando alrededor de 80 dólares semanales y aportando 0.02 centavos a la asociación por kilo recogido. (Salazar 2013). Los recicladores de la ET2 Zámbez trabajan en condiciones precarias y de alto riesgo para su salud, alrededor de ocho horas diarias, abriendo las fundas de basura recolectadas en el sector norte del Distrito.

Una vez abiertas, recolectan aquellos materiales que pueden ser aprovechados o comercializados, tal es el caso del papel, cartón, botellas plásticas, residuos electrónicos, plástico de alta densidad, metales entre otros. En este proceso, disgregan los materiales de los que están compuestos los residuos en partículas que por su tamaño (entre 2,5 a 10 μm) permanecen suspendidas en el aire, por lo que fácilmente podría ingresar al tracto respiratorio del personal que trabaja en estas labores.

En la actualidad no se dispone de información sobre la calidad de aire respirable en la que realizan su labor diaria los minadores en la ET2, en lo concerniente a metales pesados y por ende riesgo químico, sin embargo se han realizado estudios sobre el riesgo biológico (Coral et al, 2017), al que se encuentra expuesta la población en estudio.

Cabe recalcar que en la ET1 no se permiten las labores de reciclaje.

La presente investigación determinó la calidad del aire respirable en el ambiente de trabajo de los minadores, fijando su objetivo en la concentración de Níquel, Cadmio, Zinc, Cromo, Bario, Plomo que se encuentran en el material particulado de la ET2, con el fin de proponer sistemas de prevención que vayan desde el control operacional hasta el uso de Equipo de Protección Personal, EPP. Esto redundará en la mejora del ambiente de trabajo del grupo estudiado, en su salud, y por supuesto en su calidad de vida.



Este es un primer acercamiento al riesgo químico al que se encuentran expuestos los minadores, información que servirá de base para establecer parámetros de control a posterior. No se realizaron estudios de metales en la sangre de los minadores por dos razones fundamentales, la primera por la negativa por parte de las autoridades que rigen la estación de transferencia a realizar este tipo de exámenes, y la segunda porque al no disponerse de datos de exposición, el barrido que se requeriría hacer de los metales en sangre sería muy amplio y costoso. Este estudio servirá de información base para que, de ser necesario, en estudios posteriores y con diseños epidemiológicos adecuados, se pueda registrar la concentración de los metales en sangre de este grupo vulnerable.

2. Materiales y métodos

Para el cálculo de la población y muestra se consideró una generación de residuos sólidos urbanos de 365 días al año, un tiempo de trabajo de los minadores de 8 horas de lunes a domingo, esto es un tercio del día, con lo cual al año trabajarían $121,66 \approx 122$ días al año. El tamaño de la muestra se lo calculó como se indica a continuación:

$$n = \frac{z^2 \pi^2 N}{e^2 (N - 1) + z^2 \pi^2}$$

Ec. 1. Cálculo del número de muestras para la investigación (Suárez 2012)

Obteniéndose $76,2 = 76$ muestras a analizar para un 0.10 de error muestral deseado, y un nivel de confianza del 95 %.

Para determinar y evaluar el riesgo químico al que se encuentran expuestos los GAA de la estación de transferencia ET2, fue necesario medir la cantidad de material particulado suspendido en el aire de ese ambiente de trabajo. Se utilizó un equipo de absorción de alto volumen, calibrado en 1230 litros/minuto (L/min) con la finalidad de obtener el volumen total de aire recolectado y determinar la concentración de partículas totales suspendidas, provisto de filtros de fibra de vidrio para retener las partículas suspendidas.

Recolectadas las muestras, se procedió a cuantificar el material particulado captado por gravimetría. Se trató químicamente el filtro, atacándolo con una solución fuertemente ácida que permitió la dilución de los metales pesados formando un extracto líquido transparente. Finalmente se determinó



la concentración de Níquel, Cadmio, Zinc, Cromo, Bario, Plomo utilizando un espectrofotómetro de Absorción Atómica.

Los datos obtenidos en la ET2 corresponden a las condiciones ambientales del DMQ, esto es, 540 mmHg de presión, y un promedio de 20° C. Los valores límites ambientales VLA, vienen dados en condiciones estándar 760 mmHg de presión y 25 °C, con lo cual, para poder realizar la evaluación se transformaron los valores obtenidos a condiciones estándar. Los VLA, no se encuentran estipulados en la Legislación ecuatoriana, por lo que se optó por utilizar los “Límites de exposición profesional para agentes químicos en España” (2014), publicado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo INSHT español.

Con los datos de PTS y metales corregidos a condiciones estándar, se procedió a calcular la exposición diaria de los Gestores Ambientales Artesanales tanto a los PTS como a cada uno de los metales analizados, utilizando la ecuación Ec. 2, tomando como referencia seis (6) horas efectivas de trabajo de clasificación de basura:

$$ED = \frac{\sum c_i \cdot t_i}{8}$$

Ec. 2. Cálculo de la Exposición diaria

A continuación se procedió a determinar los “Efectos combinados de los Agentes Químicos ECAQ” estudiados a partir de la Ec. 3. :

$$ECAQ = \sum \frac{E_i}{VLA_i}$$

Ec. 3 Cálculo del Efecto Combinado de Agentes Químicos

Finalmente, se procedió con la evaluación del riesgo químico, tomado en cuenta que para la evaluación del ECAQ se debe considerar que: “Si el resultado obtenido es mayor que la unidad, ha de entenderse que se ha superado el VLA para la mezcla en cuestión” (INHST, 2014), y consecuentemente deben tomarse medidas inmediatas para proteger la salud de los trabajadores.

3. Resultados

Con respecto al VLA de partículas totales suspendidas que es 3 mg/m³, se puede apreciar que en ninguno de los muestreos se sobrepasa este valor.

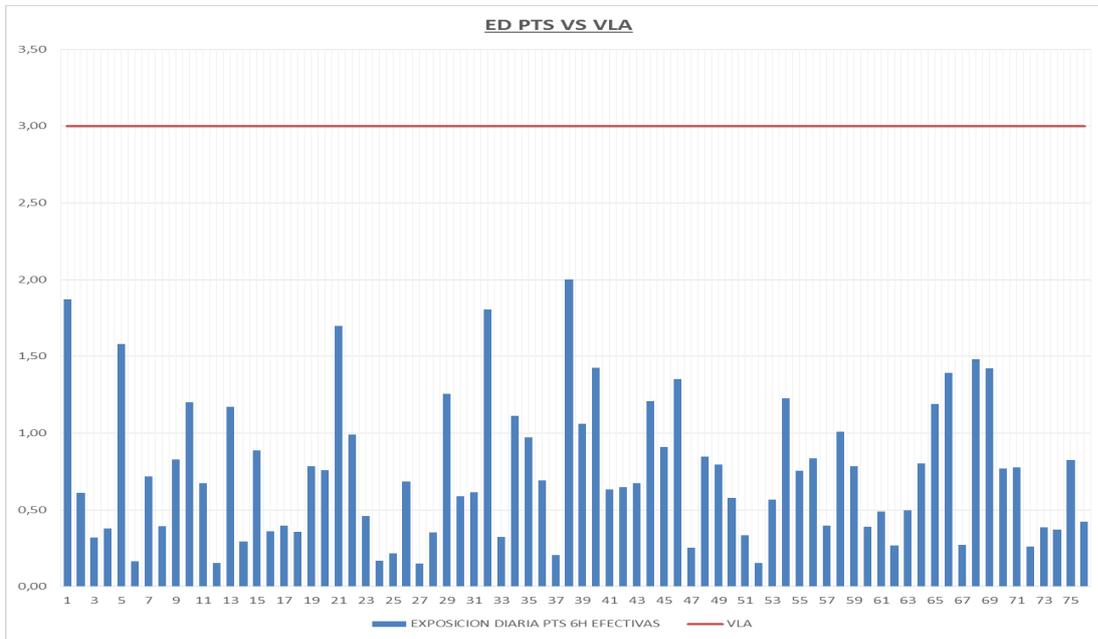
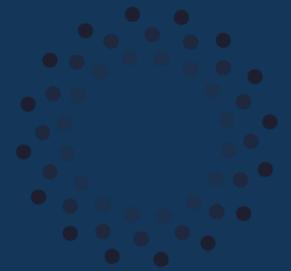


Figura 1. Exposición diaria de PTS vs Valor Límite Ambiental VLA

El níquel no fue detectado en todas las muestras tomadas, sin embargo en aquellas en las que se registró valores, estos no sobrepasaron el VLA respectivo que es de mg/m3.

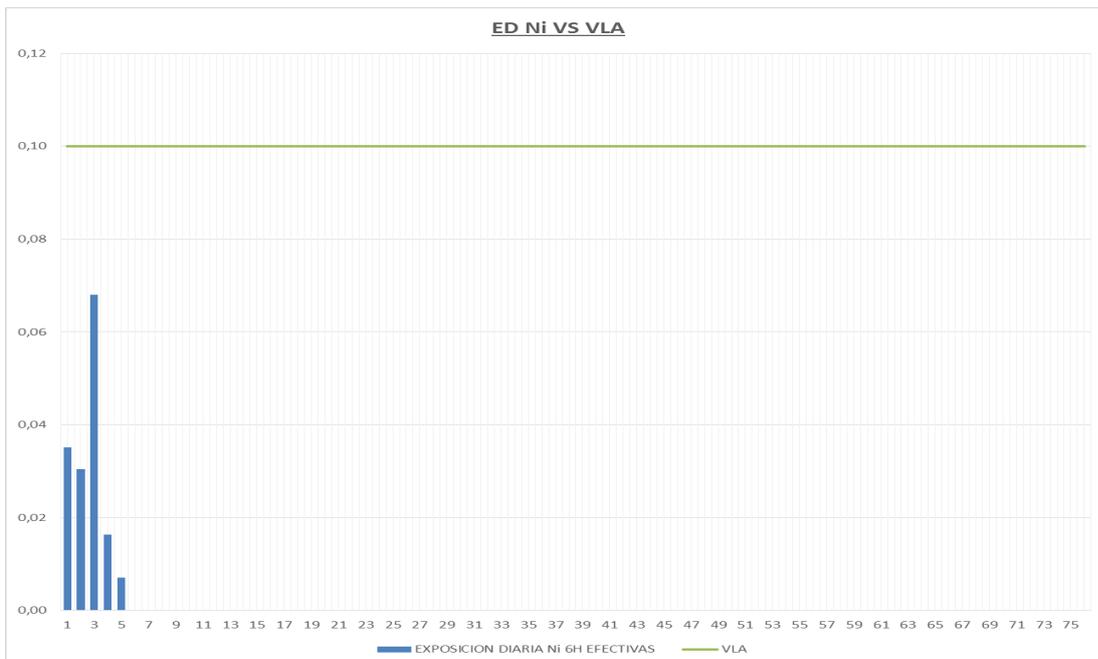


Figura 2. Exposición diaria de Ni vs Valor Límite Ambiental VLA.



En lo que respecta al Cadmio, solo fue detectado 4 veces en los 76 monitoreos, sin embargo en todos ellos sobrepasa lo establecido en el VLA = 0.002 mg/m³.

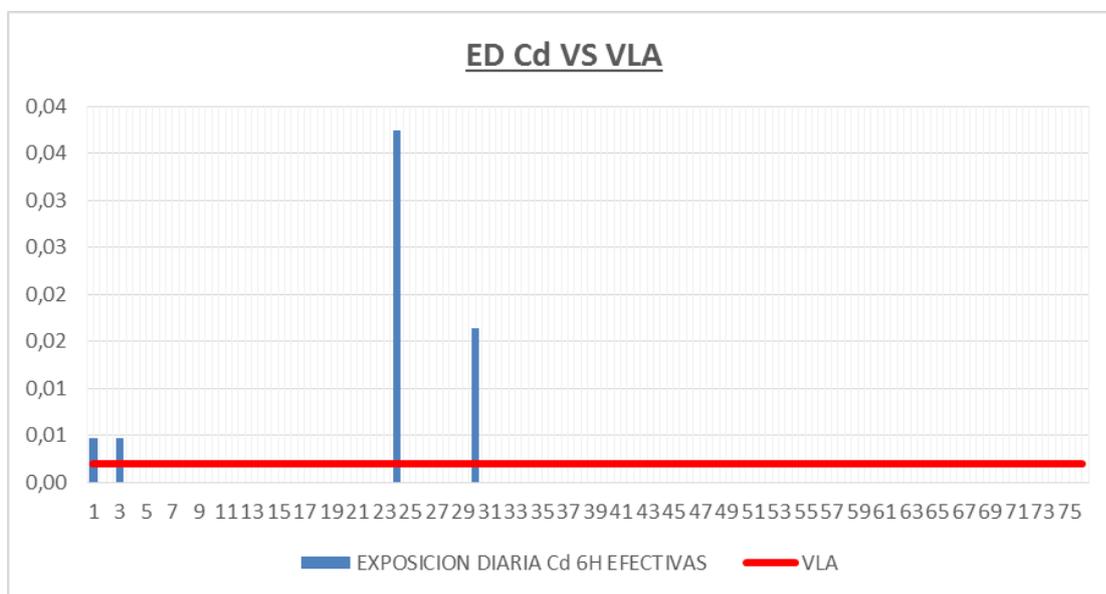


Figura 3. Exposición diaria de Cd vs Valor Límite Ambiental VLA

Los valores de cromo en el aire respirable de la ET2 son esporádicos, ninguno de ellos sobrepasa el VLA de 2 mg/m³.

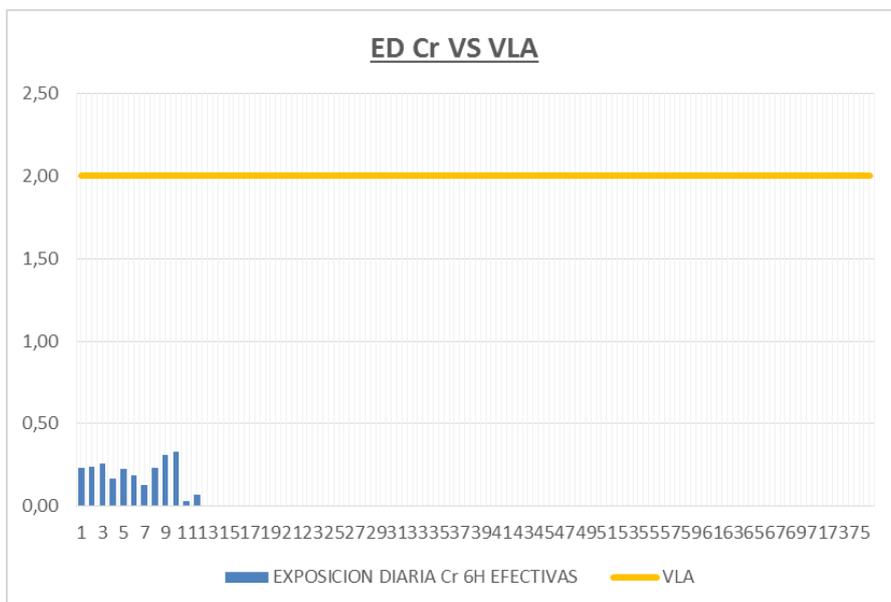
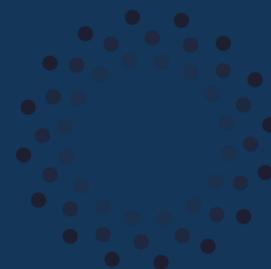


Figura 4. Exposición diaria de Cr vs Valor Límite Ambiental VLA

El Zinc se manifiesta frecuentemente en el aire respirable de la ET2 pero es notorio que no sobrepasa el VAL establecido para este metal que es de 2 mg/m3.

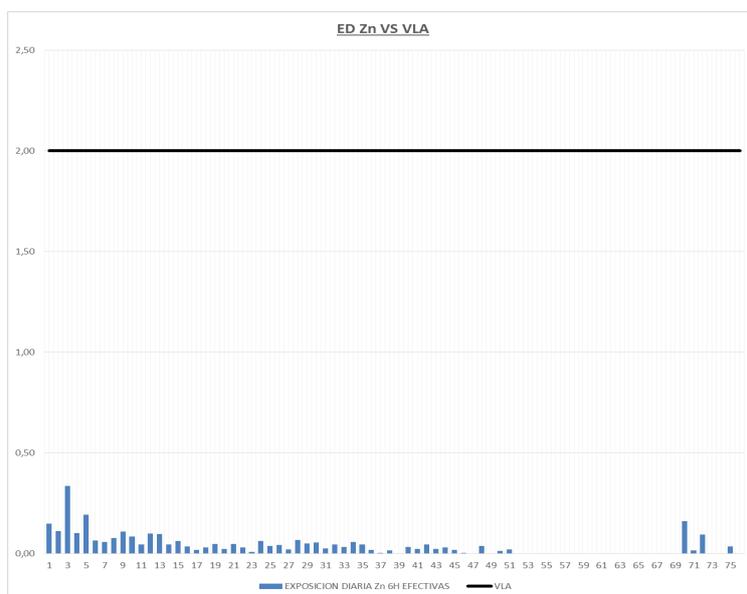


Figura 5. Exposición diaria de Zn vs Valor Límite Ambiental VLA



El Bario es un elemento que se encuentra constantemente en los materiales de construcción, y en el suelo en general, su presencia es permanente en el aire respirable de la ET Zámbriza y sobrepasa el VLA de 0.5 mg/m³, en varias ocasiones.

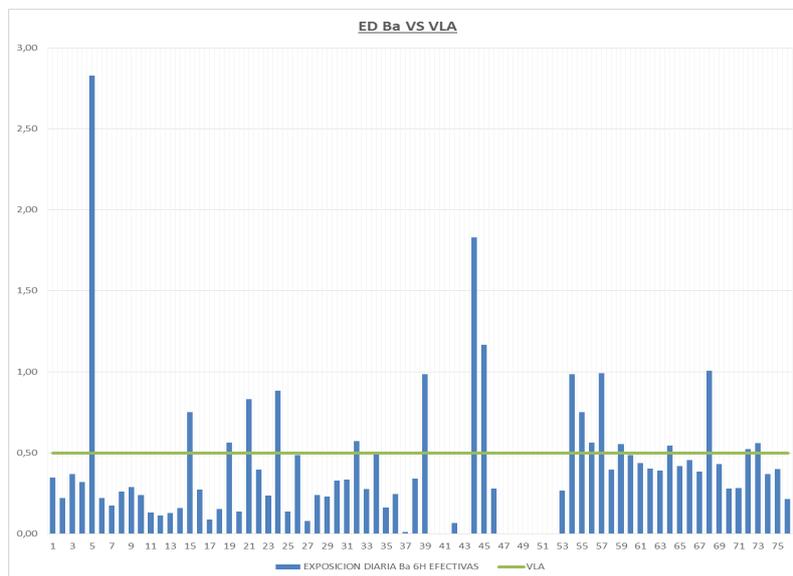


Figura 6. Exposición diaria de Ba vs Valor Límite Ambiental VLA

Por último, con uno de los metales pesados más peligrosos para la salud humana como es el caso del plomo, se detecta su presencia frecuentemente en los muestreos, a pesar de que no sobrepasa el VLA de 0.15, su persistencia es evidente en el medio laboral de los GAA.

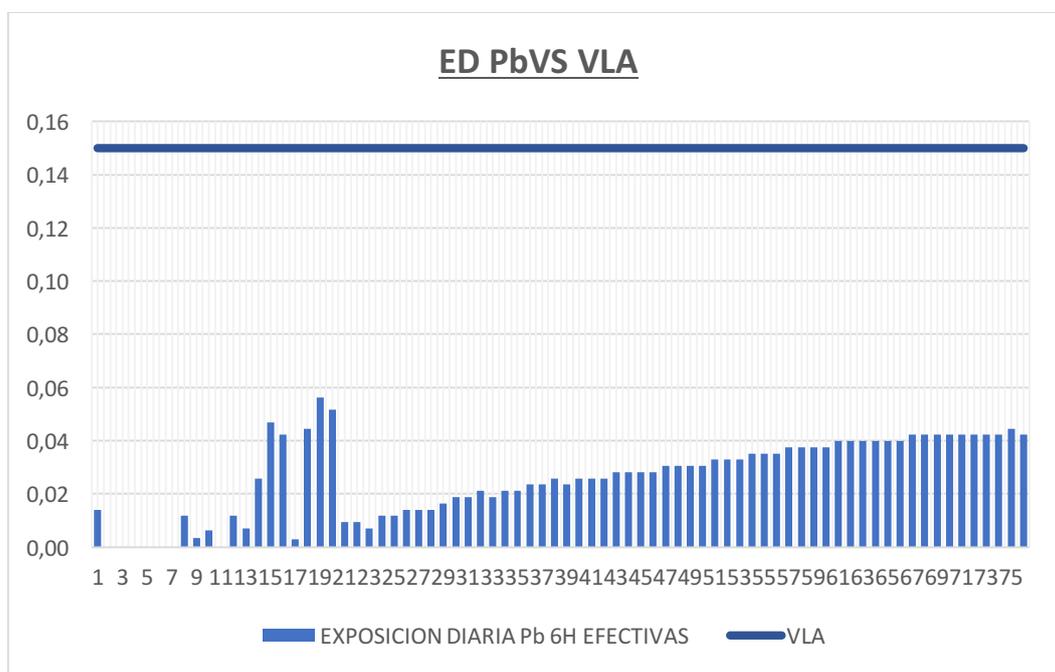


Figura 7. Exposición diaria de Pb vs Valor Límite Ambiental VLA

De la investigación realizada, y en los 76 muestreos obtenidos, se nota la presencia permanente de PTS así como de los metales analizados que en mayor o menor concentración, y con diversidad de frecuencia se presentan permanentemente en el área de trabajo de los GAA.

Si bien metales como el cadmio, el cromo y el níquel no son recurrentes en las muestras analizadas, su alto grado de peligrosidad y afectación a la salud humana marcan el riesgo químico al que se encuentran expuestos los GAA.

El 43% de las muestras analizadas no presentan efecto combinado de agentes químicos, en tanto que el 57% restante si se lo hizo. Independientemente de los porcentajes, en riesgos laborales, la sola existencia de un valor que no garantice la salud de los trabajadores debe ser causal para tomar de medidas urgentes. Figura 8.

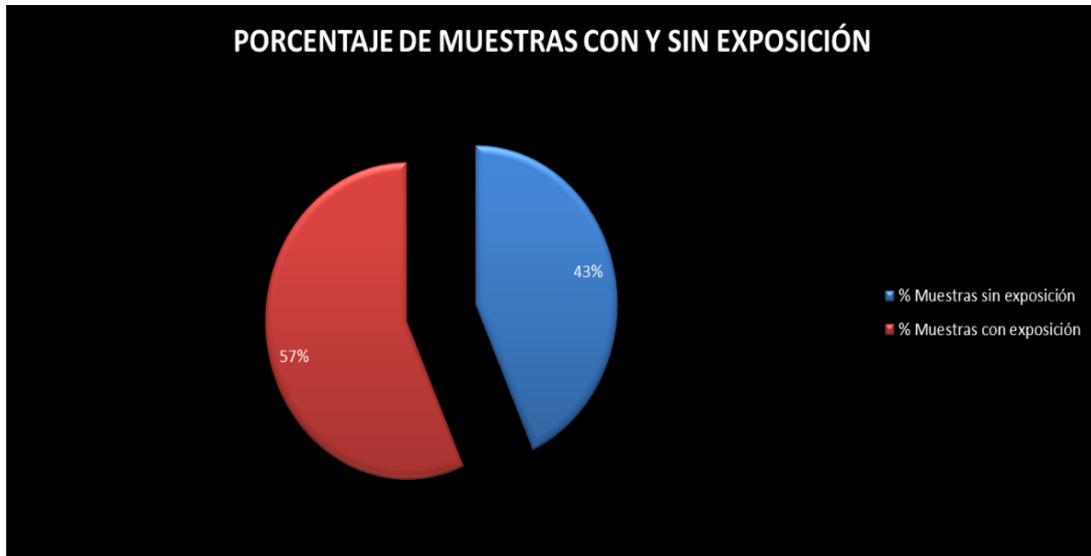


Figura 8. Porcentaje de muestras con y sin exposición

Realizada la evaluación del riesgo químico por efecto combinado ECAQ, al que están expuestos los GAA de la ET2 Zámbriza y bajo el precepto de que: “Si el resultado obtenido es mayor que la unidad, ha de entenderse que se ha superado el VLA para la mezcla en cuestión” (INSHT, 2014), se definió la Figura 9.

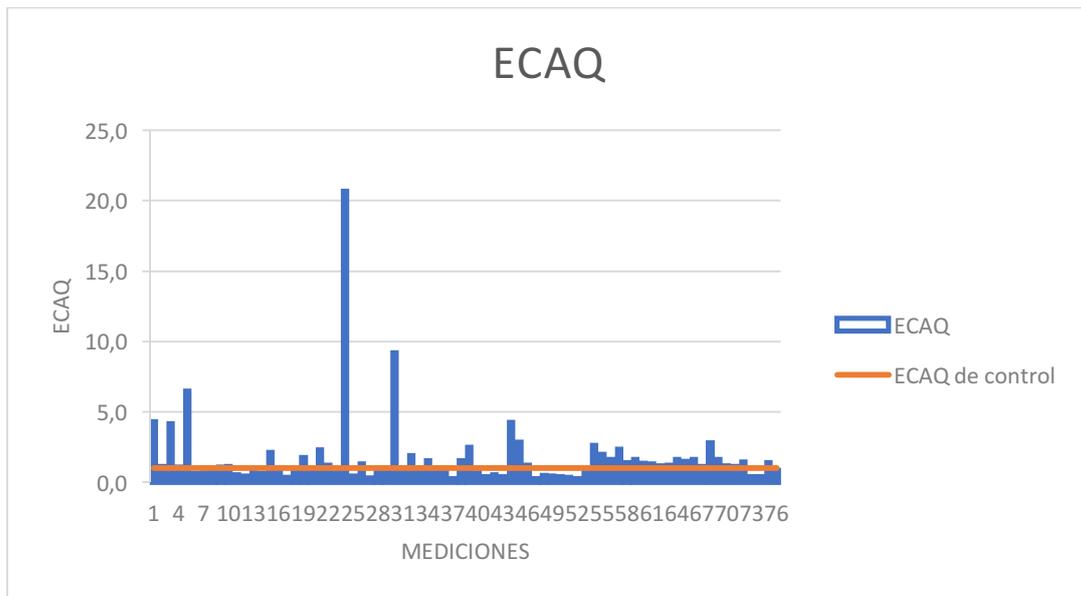
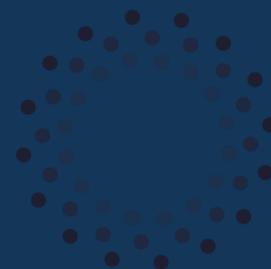


Figura 9. Muestras con riesgo químico por efecto combinado ECAQ superiores a uno (1).



4. Discusión

Para la prevención de los riesgos por agentes químicos a los que están expuestos los GAA en su lugar de trabajo, es necesario minimizar la exposición a metales pesados, para ello se debe reducir las cantidades de agentes químicos peligrosos presentes en el lugar de trabajo al mínimo necesario para el tipo de trabajo, en este caso es necesario que se profundice en la capacitación, educación y aplicación de la recolección diferenciada, esto es un trabajo que compete exclusivamente a las autoridades municipales del Distrito. Esto redundará en una menor variedad de metales a los que se expongan los GAA.

Es necesario reducir al mínimo posible el número de minadores expuestos o que puedan estarlo, para esto es necesario aplicar medidas de índole social que provean oportunidades laborales en otro sector a estos trabajadores. Mecanismos de capacitación en áreas técnicas y operativas serán una buena opción para este grupo vulnerable.

Es importante reducir al mínimo la duración e intensidad de las exposiciones a estos metales, establecer tiempos máximos de permanencia en el lugar mismo de la clasificación, se recomienda un tiempo menor a las seis (6) horas efectivas que se han monitoreado. El tiempo restante estas personas pueden dedicar su labor a otras actividades como el empaquetamiento del material recuperado, capacitación, pesado, etc. Sin embargo, esta medida deberá ser consensuada pues encontrará resistencia en los GAA, debido a la necesidad de reciclar que presentan ya que el material encontrado es proporcional a su ganancia económica.

5. Conclusiones

Es indispensable limitar o eliminar la manipulación manual de los residuos, para esto es necesario la aplicación de técnicas específicas de clasificación de residuos tales como bandas sin fin, a la par de la utilización de equipo de protección personal para los GAA.

Una medida indispensable en la ET2 es establecer procedimientos de trabajo adecuados, en función del género, edad y condición física y de salud de cada GAA, esta tarea le corresponde a la "Asociación de Gestores Artesanales Nueva Vida" que es la que agrupa a los minadores de la ET2.



Es importante que las autoridades municipales y principalmente la EMGIRS establezcan estrictas medidas higiénicas y adecuadas, tanto personales como de orden y limpieza en la ET2.

Para la minimización del PTS, y en este caso específico de la ET2, no se puede recurrir a métodos húmedos debido a que el agua incrementa la masa de los residuos para su disposición en el relleno sanitario.

A continuación se plantean, en orden de dificultad, medidas de protección colectiva factibles de aplicarse en la ET2. La primera opción y la más sencilla, es que los GAA realicen la mayor parte de su trabajo en las afueras del galpón de clasificación de residuos, una vez haya culminado su recolección, esto se deberá establecer a través de normas de trabajo estandarizadas por la Asociación de Gestores Artesanales Nueva Vida. La segunda opción es la colocación de Ventilación mecánica general en el galpón de depósito de residuos, si bien el sitio cuenta con ventilación natural, de la investigación realizada se puede determinar la necesidad de un refuerzo mecánico para mejorar la ventilación actual. La última opción, es la colocación en serie de campanas de extracción a lo largo del galpón de depósito de residuos, sin embargo, debido a la estructura de la ET2, esta medida deberá ir acompañada del uso de protección personal para evitar la penetración de las partículas en el sistema respiratorio de los Minadores. Existen otras opciones con mayor dificultad que las planteadas, y sobre todo con mayor costo e inversión, por lo tanto no se las analiza en el presente trabajo.

Los equipos de protección individual EPIS, deben ser el último medio que se debe utilizar para la protección de los trabajadores, debiendo ponerse en práctica cuando todas las medidas anteriores no hayan funcionado o sea imposible su aplicación. En todo caso, la protección individual se tiene que considerar como una técnica complementaria de la protección colectiva pero nunca la protección individual debe sustituir la protección colectiva. (Saladie M, 2013). Debido a la actividad de los GAA y tomando en cuenta los requisitos esenciales para todos los EPIS (SALADIE M, 2013), se enuncian los siguientes principios generales que deberán regir la elección del EPI para los minadores de Zámboza:

a. Los EPIS tienen que estar concebidos y fabricados de manera tal que no ocasionen riesgos o molestias en condiciones normales de uso, es decir, deben presentar condiciones ergonómicas adecuadas.



- b. Los materiales de los que estén constituidos los EPIS deberán ser inocuos para la salud humana, y no presentar estructuras que puedan raspar, lastimar o irritar la piel de los minadores.
- c. Deberán brindar todas las facilidades de movimiento, gesticulación y percepción sensorial posible.
- d. Deberán estar disponibles en diversas tallas y tamaños, o podrán ajustarse a las diferentes morfologías de los usuarios.

Referencias bibliográficas

- ALEGRÍA, C. (2012). Quito genera a diario 1600 toneladas de basura. (Boletín 890 27-01-2012). Quito: Ministerio del Ambiente.
- ATLAS Ambiental del Distrito Metropolitano de Quito (2008), el Ilustre Municipio de Quito.
- CORAL, K., Rodríguez, M. A. y Oviedo, J. E. (2017). Riesgo biológico en el aire respirable de los minadores de basura en la Et2 Zábiza en Quito-Ecuador. *Ambiente y Desarrollo*, 21(41), 79-92. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd21-41.rbar>, doi:10.11144/Javeriana.ayd21-41.rbar)
- INSHT, 2010. Riesgo Químico: Sistemática para la Evaluación Higiénica. España.
- INSHT, 2014. Límites de exposición profesional para agentes químicos en España, España.
- SALADIE, M, 2013, "Trabajos con riesgo de inhalación de contaminantes: partículas, sustancias químicas peligrosas y agentes biológicos (Protección mediante EPI)", Generalitat de Catalunya. España.
- SALAZAR A, Oviedo JE, Coral K, (2012). Análisis de Metales pesados en el Aire respirable de Zábiza. Universidad Internacional SEK.
- SUÁREZ, M. & Tapia, F. (2012). Interaprendizaje de Estadística Básica. Ibarra –Ecuador: Universidad Técnica del Norte – Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas.