

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 MARCO CONCEPTUAL.

Botadero: Sitio de acumulación de residuos sólidos que no cumple con las disposiciones vigentes o crea riesgos para la salud y seguridad humana o para el ambiente general (MDSMA, 1995).

Contaminación por Residuos Sólidos: La contaminación de la calidad natural del medio ambiente como resultado directo o indirecto de la presencia o el manejo y disposición final inadecuada de los residuos sólidos (MDSMA, 1995).

Contaminación: La contaminación, desde un punto de vista medioambiental, es la alteración de las características físicas, químicas o biológicas de los factores medioambientales en grado tal que supongan un riesgo inaceptable para la salud humana o los ecosistemas (Sabroso, 2004).

Escorrentía: Proceso de recolección de agua procedente del escurrimiento que se produce luego de una fuerte lluvia sobre las hojas, que baja suavemente por las ramas, el tronco y las raíces de las plantas por la superficie del suelo y por las cavidades de la porosidad del suelo (Gomes, 2001).

Fermentación Ácida: También llamado etapa de fermentación acidogénica, tiene lugar la fermentación de las moléculas orgánicas solubles en compuestos que puedan ser utilizados directamente por las bacterias metanogénicas (acético, fórmico, H₂) y compuestos orgánicos más reducidos (propiónico, butírico, valérico, láctico y etanol principalmente) que tienen que ser oxidados por bacterias acetogénicas en la siguiente etapa del proceso. La importancia de la presencia de este grupo de bacterias no sólo radica en el hecho que produce el alimento para los grupos de bacterias que actúan posteriormente, sino que, además eliminan cualquier traza del oxígeno disuelto del

sistema. Este grupo de microorganismos, se compone de bacterias facultativas y anaeróbicas obligadas, colectivamente denominadas bacterias formadoras de ácidos (Varnero M^a T., 2011).

Fermentación Metanogénica: En esta etapa, un amplio grupo de bacterias anaeróbicas estrictas, actúa sobre los productos resultantes de las etapas anteriores. Los microorganismos metanogénicos pueden ser considerados como los más importantes dentro del consorcio de microorganismos anaerobios, ya que son los responsables de la formación de metano y de la eliminación del medio de los productos de los grupos anteriores, siendo, además, los que dan nombre al proceso general de biometanización. Los microorganismos metanogénicos completan el proceso de digestión anaeróbica mediante la formación de metano a partir de sustratos monocarbonados o con dos átomos de carbono unidos por un enlace covalente: acetato, H₂/CO₂, formato, metanol y algunas metilaminas (Varnero M^a T., 2011).

Lecho: Plan del canal natural a través del cual discurre un río. Causa de las vías de drenaje muy raras veces es utilizado para referirse al plan o a basamentos de cuerpos de agua estabilizados lagos, lagunas o estanques (Gomes, 2001).

Lixiviado: Líquido infiltrado y drenado a través de los de los residuos sólidos, y que contiene materiales en solución o suspensión (MDSMA, 1995).

Metal Pesado: Se considera metal pesado a aquel elemento con densidad igual o superior a 5 g/cm³ cuando está en forma elemental, o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo a los metales alcalinos y alcalino-térreos). Su concentración promedio en la corteza terrestre es inferior al 0.1% y casi siempre menor del 0.01%. Junto a estos metales pesados hay otros elementos químicos denominados metaloides y no metales que suelen englobarse con ellos por presentar orígenes y comportamientos asociados; es el caso del As, Sb, B, Ba y Se (García y Dorronsoro, 2001).

Quebrada: Lecho estrecho y áspero que constituye la vía de drenaje ocasional en las vertientes subáridas; en general se aplica a las pequeñas depresiones formadas por efecto del drenaje en zonas de valles hídricos (Gomes, 2001).

Relleno Sanitario. Obra de ingeniería para la disposición final segura de residuos sólidos en sitios adecuados y bajo condiciones controladas para evitar daños al ambiente y la salud (Norma Boliviana, 742).

Residuo: Material desechado como inservible en cualquier trabajo. Existen muchas clases de residuos considerados, basura, generalmente como desperdicios, basura, desechos, restos, trazas y otros productos residuales (Gomes, 2001).

Residuos Corto Punzantes: Objetos cortantes y punzantes o ambos que han sido utilizados en la atención médica y que son desechados como desperdicios (Ortuño, 2003).

Residuos Electrónicos: Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos son cualquier dispositivo que utilice un suministro de energía eléctrica o una batería, y que haya alcanzado el fin de su vida útil (Martínez, 2013).

Residuos Especiales: Según el (MDSMA, 1995), los residuos de características muy diversas que se generan en el medio urbano y cuyas formas de recolección y tratamiento varían sustancialmente. Son los que se indican y definen a continuación:

- ✓ Vehículos y electrodomésticos: se incluyen aquí todos los vehículos cuya vida útil ha finalizado, y los electrodomésticos fuera de uso. La misma situación se presenta también en cualquier máquina clasificada como chatarra.
- ✓ Llantas y neumáticos desechados: Son residuos de llantas y neumáticos abandonados, así como desechos de su fabricación.
- ✓ Residuos sólidos sanitarios no peligrosos: son aquellos residuos generados en la actividad de hospitales, clínicas, farmacias, laboratorios veterinarios o en la

actividad medica privada, docente y de investigación, que por sus características son asimilables a residuos domiciliarios.

- ✓ Animales muertos cadáveres de animales o parte de ellos.
- ✓ Escombros: residuos resultante de la demolición y construcción de obras civiles.

Residuos Hospitalarios: Son aquellos residuos sólidos generados en los procesos y en las actividades para la atención e investigación médica en hospitales estos residuos se caracterizan por estar contaminados con agentes infecciosos que pueden contener altas concentraciones de microorganismos que son de potencial peligro (Norma Boliviana 69001).

Residuos Sólidos Municipales: Aquellos que se generan en las viviendas, parques jardines, vía pública, oficinas, mercados, comercios, demoliciones, construcciones, instalaciones, establecimientos de servicios y en general todos aquellos generados en actividades municipales que no requieran técnicas especiales para su control, excepto los peligrosos y potencialmente peligrosos de hospitales, clínicas, laboratorios, actividades industriales, artesanales, comerciales y centros de investigación. Residuos sólidos industriales Aquellos generados en cualquiera de los procesos de extracción, beneficio, transformación y producción (Norma Boliviana, 742).

Residuos Sólidos o Basura: Materiales generados en los procesos de extracción, beneficio transformación, producción, consumo, utilización, control reparación o tratamiento, cuya calidad no permite usarlos nuevamente en el proceso que los genero, que pueden ser objeto de tratamiento y/o reciclaje (MDSMA, 1995).

Salud: La salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades (OMS, 1946).

Suelo: Se define el suelo, desde el punto de vista medioambiental, como la fina capa superior de la corteza terrestre (litosfera), situada entre el lecho rocoso y la superficie terrestre. Está compuesto por partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y

organismos vivos. El suelo es uno de los componentes fundamentales del medio ya que constituye la parte de la superficie terrestre sobre la que se asienta la vida vegetal y sobre la cual se implanta la mayor parte de las actividades humanas, siendo, además, la interfaz entre la tierra, el aire y el agua lo que lo confiere capacidad de desempeñar tanto funciones naturales como de uso (Sabroso, 2004).

1.2 FUNDAMENTO TEÓRICO.

1.2.1 ¿Qué son los Metales Pesados?

La mayoría de los metales pesados se encuentran en forma natural en el suelo. Estos metales pueden ser liberados al ambiente cuando se realizan actividades como la quema de combustibles, la manufactura y la minería. Las partículas de los metales pesados que entran al aire pueden recorrer grandes distancias antes de asentarse en la tierra o el agua. Las personas pueden estar expuestas a los metales pesados si respiran el aire o polvo contaminado, o si ingieren agua o alimentos contaminados. Los niños pueden sufrir una exposición si ingieren restos de pintura o juegan con tierra.

Todas las personas están expuestas a pequeñas cantidades de metales pesados presentes en el medio ambiente donde viven. Muchos metales pesados no causan enfermedades pero algunos pueden ser perjudiciales si hay una exposición a niveles muy altos. (Conklin L, 2007)

1.2.2 Características de los Metales Pesados

Los metales pesados han sido objeto de atención por sus características contaminantes peculiares (Fachinelli et al., 2001):

- ✓ Poseen carácter acumulativo, su concentración no disminuye con el tiempo.
- ✓ Son necesarios y beneficiosos para las plantas y otros organismos a determinados niveles, pero también son tóxicos cuando exceden unos niveles de concentración.

- ✓ Están siempre presentes en los suelos a unos niveles de concentración denominados niveles fondo, cuyo origen no es externo, sino que proviene del material parental originario de las rocas y su transformación.
- ✓ Con frecuencia se encuentran como cationes que interactúan fuertemente con la matriz del suelo, lo que en ocasiones se traduce en que incluso a altas concentraciones pueden encontrarse en forma química no dañina o inerte. Sin embargo estos metales pueden mobilizarse y cambiar de forma química debido a cambios en las condiciones medioambientales, cambios en el uso del suelo o por saturación de la capacidad de taponamiento del suelo. Por esta razón se les ha catalogado como bomba de relojería química (Stigliani, 1993). (Benavides D, 2011)

1.2.3 Origen de la Contaminación de Suelos por Metales Pesados

- ✓ **Origen Natural:** Los metales pesados al meteorizarse, se concentran en los suelos. Estas concentraciones naturales de metales pueden llegar a ser tóxicas, debido a que pueden ocasionar acumulación de algún metal en plantas y ocasionar efectos tóxicos para los animales que las consumen. Las rocas ígneas ultrabásicas (como las peridotitas y las serpentinas) presentan los más altos contenidos en metales pesados, seguidas de las ígneas básicas (como los gabros y basaltos). Las menores concentraciones se encuentran en las rocas ígneas ácidas (como el granito) y en las sedimentarias (como las areniscas y las calizas). Los porcentajes más altos se dan para el Cr, Mn y Ni, mientras que el Co, Cu, Zn y Pb se presentan en menores cantidades, siendo mínimos los contenidos para el As, Cd y Hg Según Bowen (1979), los oligoelementos más abundantes en los suelos son el Mn, Cr, Zn, Ni y Pb (1-1500 mg/kg; el Mn puede llegar a 10000 mg/kg). En menores concentraciones se encuentran el Co, Cu y As (0.1-250 mg/kg) y con mínimos porcentajes el Cd y Hg (0.01-2 mg/kg). Sin embargo, en el proceso natural de transformación de las rocas para originar los suelos, los metales pesados aunque se encuentren a elevadas

concentraciones, no suelen rebasar los umbrales de toxicidad y además se encuentran bajo formas muy poco asimilables para los organismos.

- ✓ **Origen Antropogénico:** En muchos casos el contenido y la movilidad de los metales pesados en suelos se incrementa por causas no naturales, siendo la actividad humana, la causa más frecuente de este incremento. Las actividades que provocan una modificación del contenido natural son muy variadas: vertidos industriales, vertidos procedentes de actividades mineras, aplicación de productos químicos agrícolas y lodos residuales, gases de combustión, emisión de partículas del tráfico rodado y por último aunque no menos importantes los residuos sólidos de origen doméstico, (Lund, 1990). (Benavides D, 2011)

1.2.4 Contaminación Por Metales Pesados

Un gran problema de la contaminación del suelo por metales es la toxicidad que estos acarrearán al medio ambiente. Algunos de estos metales tienen un efecto adverso sobre las prácticas normales de agricultura, ya que pueden ingresar a la cadena alimenticia por cultivos comestibles pudiendo ser una importante fuente de intoxicación (Cui et al., 2004, Chen et al., 2003). Además, tienen el potencial de alcanzar los cuerpos de agua subterráneos debido a filtraciones y escorrentías afectando a los seres humanos (Chen et al., 2000).

La concentración de un metal en un sitio al estar por encima de ciertos valores establecidos (límites máximos permisibles (LMP)) es el principal criterio para poder considerar un sitio como tóxico para la salud. Existen organismos tanto nacionales como internacionales que marcan estos valores dependiendo de la toxicidad del metal. Los LMP son muy variados, dependiendo de la región y/o país. (Cárdenas L., Junio, 2010).

1.2.5 La Contaminación de Suelos por Metales y Metaloides

Desde tiempos remotos, los seres humanos han utilizado recursos líticos para su desarrollo, fragmentos de rocas o minerales medianamente trabajados como

herramientas y armas; posteriormente, con la evolución continua y el conocimiento de diversos procesos, inventaron la metalurgia. Resumiendo los principales logros minerometalúrgicos (y tecnológicos asociados) de la humanidad, pueden incluirse varias eras: (i) piedra (Paleolítico, Mesolítico, Neolítico); (ii) cobre (6000 a.C.); (iii) bronce (2500 a.C.); (iv) hierro (1000 a.C.); (v) carbón (1600 d.C.); (vi) revolución industrial (1750-1850 d.C.); (vii) petróleo (1850 d.C.); (viii) eléctrica (1875 d.C.) y (ix) atómica (1945 d.C.).

Actualmente, el desarrollo de nuevas tecnologías de toda índole depende de los elementos que se obtienen por actividades minerometalúrgicas o del reciclaje de otros materiales, ya que muchos de los componentes de los nuevos equipos (computadoras, instrumentos analíticos y teléfonos celulares, entre otros) están fabricados de metales como el hierro, cobre, cadmio, oro, plomo, plata y otros elementos como el silicio (Gocht et al. 1988).

La excavación de minas, la remoción de minerales y el proceso y la extracción de metales puede causar daños ambientales y, en casos extremos, destruir el ecosistema; por ejemplo, se pueden dañar tierras de cultivo, favorecer la erosión y contaminar cuerpos de agua con sales solubles de elementos potencialmente tóxicos (EPT), como As, Se, Pb, Cd y óxidos de S, entre otros. Asimismo, el material subterráneo puede generar volúmenes de residuos hasta ocho veces superiores al original. Por otro lado, las industrias especializadas en el proceso de metales (siderurgias y metalúrgicas) pueden emitir partículas de dimensiones micrométricas, que son fácilmente transportables por el viento a grandes distancias y causar problemas en la salud de poblaciones (Csuros y Csuros 2002). (Volke Sepúlveda T., 2005)

1.2.6 Metales Pesados y Contaminación de Suelo, Subsuelo y Recursos Hídricos.

La contaminación inicia en la superficie, y se dispersa a través del drenaje superficial bajo varias formas (Azevedo Silveira Maria Lucia et. al., 2003). Desde la iónica; en soluciones no saturadas o sobresaturadas; en forma molecular, coloidal, iones

complejos, como partículas en suspensión, ya precipitados salinos o bien por la fijación del metal en materiales arcillosos, los cuales son arrastrados hacia las partes bajas. Durante su paso se va incorporando a los suelos, por medio del riego a las plantas cultivadas, y a los humanos o animales a través del consumo de éstas. Ello, al considerar la capacidad de las raíces para solubilizar elementos metálicos contenidos en fases estables. Su transferencia al subsuelo obedece a la interacción de diversos factores (Allen D.M. and Matsuo G.P., 2002). Dentro de éstas: las propiedades químicas intrínsecas de los elementos, la superficie de interacción sólido/agua, el nivel (superficial o subterráneo) de esta interacción, y las características físico-químicas del agua y suelo; particularmente la mineralogía es muy importante por la estabilidad de los diferentes minerales a los cambios químicos y geoquímicas (Sipos Péter, 2004). En lo referente al nivel de interacción (superficial o subterránea), el grado de oxigenación del medio posibilita la oxidación de metales como el Fe. Al respecto hay que considerar que las aguas de la zona vadosa (entre la superficie del terreno y el nivel freático) son relativamente oxidantes, ya que el contenido de oxígeno disuelto va disminuyendo conforme baja el nivel freático (Usman A. R.A., et.al.; Ortego, A.I., et. al., 2001). Por la importancia que cada una de las interacciones anteriores tiene en la protección del medio subterráneo; particularmente los recursos hídricos, dichas interacciones han sido motivo de estudio en países como Holanda, U.S.A. España; aunque en nuestro país sea incipiente. (VOLKE Sepúlveda T., 2005)

1.2.7 Los Residuos Sólidos y la Contaminación del Suelo y de las Aguas Subterráneas

Tomando en consideración que en la mayoría de los casos los tiraderos “a cielo abierto” carecen de una cubierta de material (tierra), se presenta, por consiguiente, un medio altamente permeable que permite la fácil entrada del agua de lluvia a los estratos de residuos que se encuentran acumulados, provocando por ello la saturación del medio y la percolación hacia el fondo, efectuándose a la vez, en este trayecto la disolución de sustancias y la suspensión de partículas contenidas en los residuos sólidos. Simultáneamente, existen otras sustancias que son solubles al agua y

generadas como producto de los procesos de descomposición biológica de la materia orgánica incluida en los residuos sólidos, produciendo finalmente un líquido altamente contaminante conocido como lixiviado. Estos lixiviados pueden migrar hacia las aguas subterráneas o superficiales, lo que está en función de las condiciones topográficas y geohidrológicas del sitio, generando de esta forma la degradación de la calidad del suelo y del agua, poniendo en riesgo la salud de la población cuando el agua subterránea es utilizada como fuente de abastecimiento de la localidad.

El riesgo que puede tener el ser humano, radica en la ingestión de la supuestamente agua potable, del contacto directo que tenga con lagos y ríos, y, finalmente, por la bioacumulación de algunas sustancias como los metales pesados (plomo, cadmio, etc.) en peces o cualquier otro organismo de consumo humano que esté en contacto con agua mezclada con lixiviados

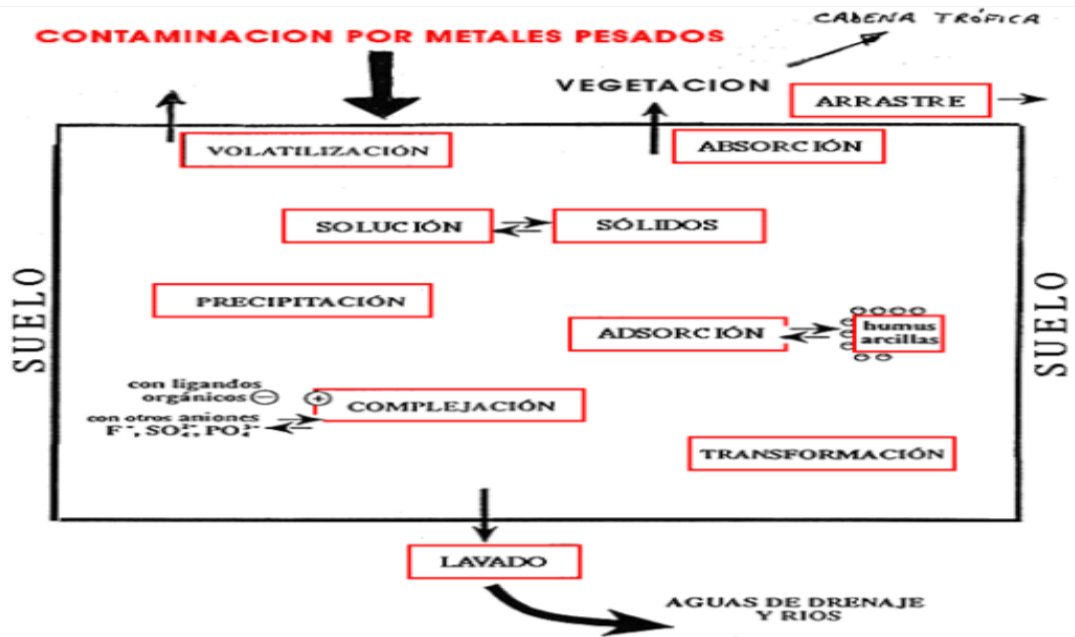
Desde el punto de vista económico, la contaminación del suelo y la acumulación misma de los residuos ocasiona pérdidas para los agricultores y para los propietarios de predios rústicos que eventualmente podrían ser utilizados para desarrollos urbanos, comerciales, turísticos y otros; es decir, la presencia de un tiradero común afecta el uso potencial del suelo en todos los sentidos. (SEDESOL, 1996)

1.2.8 Disponibilidad de los metales pesados en el suelo

Los metales pesados incorporados al suelo pueden seguir cuatro vías diferentes:

- ✓ Pueden quedar retenidos en el suelo, ya sea disueltos en la solución del suelo o bien fijados por procesos de adsorción, complejación y precipitación
- ✓ Pueden ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas
- ✓ Pueden pasar a la atmósfera por volatilización
- ✓ Pueden movilizarse a las aguas superficiales o subterráneas como se esquematiza en la siguiente figura. (Benavides David, 2011)

FIGURA 1: (I -1)
CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS



FUENTE: Calvo Anta, 1996.

1.2.9 ¿Qué Efectos Tiene Respecto a la Salud Esta Contaminación por Metales Pesados?

Cada metal y cada elemento químico contaminante tienen un mecanismo de acción y un lugar de acumulación preferido. El más conocido es el plomo que afecta varios sistemas, por ejemplo en el sistema nervioso llega a dañar a las neuronas especialmente las del cerebro. El plomo afecta también a la médula ósea y otro lugar donde es frecuente encontrarlo es el riñón, específicamente en sistema tubular de las nefronas. Otro metal pesado es el cadmio que también afecta al riñón y otro que no es exactamente un metal pero es un contaminante es el arsénico que tienen efecto directo en las mitocondrias. Los daños en sí son muy diversos dependiendo de cada metal, pero en general se puede decir que hay lesión celular. La intoxicación por plomo puede simular otras enfermedades, como por ejemplo la esclerosis, que es una enfermedad incurable muy complicada en cuanto a sus síntomas, y la intoxicación por

plomo puede simular y afectar al sistema nervioso con la misma sintomatología, como parestesias, parestias, fatiga, etc., y puede producir en general una disfunción, luego algo importante del plomo es que se lo ha relacionado últimamente con la generación de conductas antisociales, y también hay una relación con retardo mental y pérdida de habilidades cognitivas. En cuanto al riñón, los metales pesados a la larga van a producir daño renal que puede llegar hasta una insuficiencia renal. (Revista científica ciencia médica, Romero Erostequi).

1.2.10 ¿Cuáles son los Efectos Respecto al Medio Ambiente?

Son bastantes graves y hablando específicamente, cambia la alcalinidad del suelo, obviamente, depende mucho de la concentración. También contaminan el agua y los cultivos. En estos si es una cantidad excesiva de plomo se pueden producir algunas alteraciones en las plantas, también degrada el suelo, lo cual disminuye su productividad, si la contaminación es excesiva, puede llegar a producir desertificación. A nivel de los ríos y lagos, también afecta principalmente la fauna.

El problema de la contaminación del medio ambiente por metales pesados es que su efecto es silencioso, no se ve, y cuando nos damos cuenta del daño que producen, ya es tarde y sobre todo que son peligrosos para la salud. Felizmente se están tomando medidas, aunque ha costado mucho que algunos países industrializados apliquen estas. (Revista científica ciencia médica, Romero Erostequi).

1.2.11 Evolución del Riesgo Para la Salud Humana con el Programa HRA Metales Pesados

El objetivo fundamental de la evaluación del riesgo es la estimación de los efectos que sobre la salud tienen los metales presentes en el medio ambiente. Para averiguar el riesgo intrínseco asociado, se debe determinar la relación entre la dosis a la cual cada individuo de forma individual puede resultar expuesto y que puede predecirse, y la respuesta o efectos adversos sobre la salud que presuntamente puedan ocurrir a partir de la exposición. Para calcular los niveles de exposición de la población, se estiman las diferentes vías características en estos tipos de situaciones a partir de los

diferentes compartimentos ambientales. La última fase del proceso de estimación del riesgo es la caracterización del mismo. Los resultados de la evaluación de la exposición y de los efectos se combinan para estimar si existe algún tipo de riesgo para la salud humana a partir de la exposición estimada para cada una de las sustancias que están presentes en el medio. (Ferre N., 2007)

1.2.12 Efectos Toxicológicos en Seres Vivos.

Un importante problema de la contaminación por metales pesados en suelos es la movilidad pueden presentar por procesos de filtración de aguas de lluvia o riego y que mediante lixiviación de metales pueden alcanzar las aguas subterráneas contaminando mantos freáticos, lagos, ríos, etc. y de esta manera ingresar a la cadena de alimenticia (Ulery et al., 2008). Un problema asociado a esto se presenta debido a que algunas plantas pueden llegar a acumular metales del suelo contaminado creando así una nueva fuente de exposición por ingesta tanto para animales y humanos (Cui et al., 2004; Chen et al., 2003). Estudios científicos han demostrado que los metales pesados pueden llegar a ocasionar serios problemas a la salud tanto de seres inferiores como en los humanos, así como la pérdida de vegetación en lugares contaminados. (Cárdenas L., Junio, 2010).

1.2.13 Efectos y Peligros de los Suelos Contaminados

Los suelos contaminados pueden tener efectos muy diversos, desde el riesgo tóxico para la salud humana hasta pérdidas de recursos naturales y económicos.

Los principales peligros que puede suponer un suelo contaminado son:

- ✓ Peligro toxicológico para la salud humana:
 - Por inhalación: problemas alérgicos y respiratorios desde leves hasta muy graves.
 - Por ingestión: por desconocimiento al cultivar suelos contaminados.
 - Por contacto directo con la piel: alergias y problemas cutáneos en trabajadores que manipulan este tipo de suelos.

- ✓ Peligro de contaminación de aguas superficiales, aguas subterráneas, atmósfera, sedimentos de río, del aire interior de las instalaciones, etc.
- ✓ Peligro físico: explosión o fuego, corrosión de estructuras o efectos en las propiedades mecánicas del suelo en las excavaciones.
- ✓ Peligro de utilización de agua de abastecimiento contaminada.
- ✓ Peligro de contaminación de los alimentos cultivados y animales de granja por utilización de agua subterránea contaminada.

Hay que tener en cuenta que los efectos causados por un suelo contaminado son, en general, a largo plazo y en ocasiones las consecuencias no se detectan de inmediato por lo que los peligros potenciales pueden tardar décadas en manifestarse con efectos de gran magnitud. (Sabroso M^a del C., 2004)

1.2.14 Determinación de los Metales Pesados en Muestras de Suelo de la Ciudad de México

El alto grado de crecimiento industrial y de urbanización en la ciudad México la han convertido, en las regiones más latamente pobladas de la tierra, provocando un deterioro de la calidad del medio ambiente urbano y la calidad de vida. Situaciones similares, relacionadas al impacto antropogénico debido a un desarrollo industrial y urbano rápido, han sido reportados en diversas partes del mundo, evaluando en términos de contenido de contaminantes metálicos. La complejidad de los ciclos geoquímicos en el ambiente, es tal que hace muy difícil reconocer las fuentes de contaminación, sin embargo, es fácil reconocer el aporte de las emisiones vehiculares en la contaminación del suelo expuestos a diferentes intensidades de tránsito vehicular, como en el área metropolitana de la ciudad de México, que fueron muestreados durante el año 2000. Estas muestras presentaron plomo (Pb), Cobre (Cu), Zinc (Zn), y Cadmio (Cd). El trabajo analítico se realizó en el Laboratorio ICP-MS del Instituto de Geofísica de la UNAM. (Morton-Bermea O., 2006)

1.2.15 Análisis de Metales Pesados en las Aguas Residuales del Río San Javier y Repercusión en la Salud e Impacto Ambiental

En este trabajo se ha empleado la Espectroscopia de Absorción Atómica, la cual es una técnica muy empleada en el estudio cuantitativo de casi todos los elementos de la tabla periódica. Para este caso, específicamente en la determinación de metales pesados en aguas residuales (cromo y plomo) del Río San Javier. Se determinó que el metal en mayor concentración es el cromo; se conoce que la toxicidad del cromo produce efectos específicos a nivel celular, ya que pueden existir interacciones entre el metal y los sistemas enzimáticos, membranas celulares, organelos y sobre el metabolismo celular en general. Con estos datos obtenidos se puede decir que las descargas de agua residual provenientes de los afluentes que se descargan en el Río San Javier no cumplen con los límites permisibles de características químicas propuestos por la Comisión Nacional del Agua y por lo tanto representan un riesgo para el medio ambiente. (F. M. Melo Sánchez, C.et. al., México).

1.2.16 Remediación del Suelo

Los metales no se degradan, así que pueden acumularse en el ecosistema a través del tiempo provocando concentraciones elevadas, efectos adversos en la mayoría de los organismos; por ello, se han desarrollado técnicas para remediar a los suelos contaminados de metales pesados (Gardea-Torresday et al., 2002; Kärenlampi et al., 2000; Nelly et al., 2000). Las técnicas tradicionales de remediación del suelo contaminado con metales pesados generalmente involucran prácticas convencionales de ingeniería civil, aplicadas individualmente o en grupo. En estos procesos físicos, químicos y térmicos principalmente se requiere remover físicamente el suelo del sitio contaminado o bien minimizar el riesgo de exposición (Brennan y Shelley, 1999; McIntyre, 2003).

- ✓ **Contención:** incluye a las técnicas denominadas de cobertura, barreras verticales y barreras horizontales. Al aplicar estos procesos el material contaminado se mantiene en su lugar, de manera que no entra en contacto con

personas ni con el medio ambiente (McIntyre, 2003; Mulligan et al., 2001; Seoane, 1999; US EPA, 1997).

- ✓ **Solidificación y estabilización:** son procesos en los que se mezclan o inyectan agentes de tratamiento al material contaminado para obtener residuos sólidos, reducir la solubilidad del contaminante, disminuir el área de contaminación expuesta o limitar el contacto entre fluidos y contaminantes. En esta categoría se incluyen técnicas como mezcla de cemento, encapsulación con polímeros y vitrificación (Mulligan K. et al., 2001; Seoane, 1999; US EPA, 1997, US EPA, 2003).

Las técnicas de remediación antes mencionadas tienen un alto costo, elevado consumo de energía, destrucción del sitio contaminado y problemas de logística (Cunningham et al., 1995; Henry, 2000; Kärenlampi et al., 2000; McIntyre, 2003, Nedelkoska y Doran, 2000; Susarla et al., 2002).

Debido a las limitaciones que presentan las tecnologías tradicionales de remediación surge la necesidad de utilizar técnicas alternas como la biorremediación (Nedelkoska y Doran, 2000; Raskin et al., 1997).

- ✓ **Biorremediación:** El término biorremediación fue acuñado a principios de la década de los 80`s, y proviene del concepto de remediación, que hace referencia a la aplicación de estrategias físico-químicas para evitar el daño y la contaminación en suelos. La biorremediación surge como una rama de la biotecnología que busca resolver los problemas de contaminación mediante el uso de seres vivos (microorganismos y plantas) capaces de degradar o acumular compuestos que provocan desequilibrio en el medio ambiente, ya sea suelo, sedimento, fango o mar (ArgenBio, 2007). Básicamente, los procesos de biorremediación pueden ser de tres tipos.
- ✓ **Degradación Enzimática:** Este tipo de degradación consiste en el empleo de enzimas en el sitio contaminado con el fin de degradar las sustancias nocivas (PQB, 2003).

- ✓ **Remediación Microbiana:** En este tipo de remediación se usan microorganismos directamente en el foco de la contaminación. Los microorganismos utilizados pueden ser los ya existentes (autóctonos) en el sitio contaminado o pueden provenir de otros ecosistemas, en cuyo caso deben ser agregados o inoculados.
- ✓ **Fitorremediación:** Es el uso de plantas para limpiar ambientes contaminados. Aunque se encuentra en desarrollo, constituye una estrategia muy interesante, debido a la capacidad que tienen algunas especies vegetales de absorber, acumular y/o tolerar altas concentraciones de contaminantes como metales pesados, compuestos orgánicos y radioactivos (PQB, 2003). (Ortega-Ortiz H., México).

1.2.17 Caracterización de los Residuos Sólidos en el Botadero Municipal de Entre Ríos.

La presencia de metales pesados es notorio de en la zona, ya que se puede evidenciar los residuos especiales como pilas y baterías en desuso, electrónicos, en una cantidad de 19 Kg. en invierno como señala (Vega Y., 2013), además según (Padilla M., 2014) los residuos hospitalarios son vertidos en promedio semanal 77,73 Kg. de los cuales 17,06 son infecciosos y 3,36 Kg. son corto punzantes, y el resto comunes, por otro lado se observan residuos metálicos provenientes de los talleres mecánicos y domicilios que se genera en la localidad de Entre Ríos, según (Vega Y., 2013) la cantidad producido en invierno es de 9,00 Kg. y en primavera 5,5 Kg.. La presencia y degradación de los diferentes residuos señalados, contienen metales pesados y estos se desprenden como partículas, muchas de ellos son solubles en el agua y otros se solubilizan al entrar en contacto con el lixiviado de la materia orgánica, y finalmente son transportados hasta llegar a la quebrada Buena Vista, y estos son transportados a mayor distancia con la ayuda de la escorrentía de la aguas de lluvia, de esta manera se convierte en un serio problema para la salud de los habitantes y animales.

1.2.18 Características de los Metales Pesados en Estudio

CUADRO 1 (I-1)

CARACTERÍSTICAS DEL PLOMO

Características	PLOMO (Pb)
	Descripción
Fuente o estado	<p>Sus fuentes naturales son la erosión del suelo, el desgaste de los depósitos de los minerales de plomo y las emanaciones volcánicas.</p> <p>La galena es la principal fuente de producción de plomo y se encuentra generalmente asociada con diversos minerales zinc y en pequeñas cantidades con el cobre, cadmio, hierro, etc.</p> <p>El plomo en un relleno sanitario, tiene su origen en baterías, residuos fotográficos, pinturas a base de plomo, y tuberías de plomo.</p>
Propiedades	<p>El plomo es un metal pesado (densidad relativa, o gravedad específica, de 11.4 s 16°C (61°F), de color azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate. Es flexible, inelástico, se funde con facilidad, se funde a 327.4°C (621.3°F). Las valencias químicas normales son 2 y 4. Es relativamente resistente al ataque de los ácidos sulfúrico y clorhídrico.</p> <p>Pero se disuelve con lentitud en ácido nítrico. El plomo es anfótero, ya que forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico. El plomo forma muchas sales, óxidos y compuestos órgano metálicos.</p>
Oxidación	La FAO, establece una concentración de 5 mg/l de Plomo para aguas destinadas al riego
Efectos en la Salud	El plomo es un elemento de carácter toxico produce una “enfermedad de saturnismo” caracterizado por su acumulación en huesos, sistema nervioso, riñón, etc. Esta enfermedad

Características	PLOMO (Pb)
	Descripción
	provoca falta de apetito, anemia, parálisis y dolor de cabeza, etc., ataca en mayor medida a la población infantil además el metal puede producir en el organismo bloqueo enzimático siendo potencialmente cancerígeno y acumulativo con una tasa de eliminación muy lenta también se encontró trastornos en retardo mental en niños y altas concentraciones de plomo en su sangre.
Efectos en el Medio Ambiente	Cuando el plomo se libera al ambiente tiene un largo tiempo de residencia en comparación con la mayoría de los contaminantes. Como resultado tiende a acumularse en tierra y sedimentos. Ahí debido a su baja solubilidad, puede permanecer accesible a la cadena alimentaria y al metabolismo humano por mucho tiempo.

Fuente: Recopilación de datos de diferentes autores y <http://www.lenntech.es/> día mes y año /Elaboración propia.

CUADRO 2 (I -2)

CARACTERÍSTICAS DEL CROMO

Características	CROMO (Cr+6)
	Descripción
Fuente o estado	El cromo es un elemento natural ubicuo, que se encuentra en las rocas, plantas, suelos, animales y en los humus y gases volcánicos. Puede funcionar con distintas valencias y en el ambiente se encuentra en varias formas; las más comunes son las derivadas del cromo trivalente o cromo III
Propiedades	El cromo es un metal de transición duro, frágil, gris acerado y brillante. Es muy resistente frente a la corrosión.

Características	CROMO (Cr+6)
	Descripción
Concentración establecida	La FAO, establece una concentración de 0.1 mg/l de Cromo para aguas destinadas al riego.
Efectos en la Salud	El cromo es un elemento traza importante en el ser humano actúa como cofactor de la insulina y favoreciendo una mayor captación de glucosa por parte de los tejidos. Por el contrario se necesitan concentraciones elevadas de Cr ³ para provocar intoxicaciones, mientras ingestión mucho menos de Cr ⁶ mucho más tóxico sí podrían provocar úlceras cutáneas, dermatitis, trastornos pulmonares e incluso cáncer de pulmón.
Efectos en el Medio Ambiente	<p>Los cultivos contienen sistemas para gestionar la toma de Cromo para que esta sea lo suficientemente baja como para no causar cáncer. Pero cuando la cantidad de Cromo en el suelo aumenta, esto puede aumentar las concentraciones en los cultivos. La acidificación del suelo puede también influir en la captación de Cromo por los cultivos. Las plantas usualmente absorben sólo Cromo (III). Esta clase de Cromo probablemente es esencial, pero cuando las concentraciones exceden cierto valor, efectos negativos pueden ocurrir.</p> <p>En cantidades excesivas reducen el crecimiento y provocan acumulaciones indeseables en los tejidos. Como resultado realizado por la FAO, que el cromo se fija y se acumula irreversiblemente en el suelo. Por ello el exceso de lo requerido por las plantas eventualmente llegan a contaminar los suelos, los cuales pueden convertirse en suelos improductivos o producir cosechas inaceptables.</p>

Fuente: Recopilación de datos de diferentes autores y <http://www.lenntech.es/> día mes y año /Elaboración propia.

CUADRO 3 (I -3)

CARACTERÍSTICAS DEL ARSÉNICO

Características	ARSÉNICO (As)
	Descripción
Fuente o estado	<p>Estos minerales son de origen hidrotermal y los más propagados portadores de arsénico en los distintos tipos de yacimientos hidrotermales de cobre. Lo más frecuente es que guarden relación aragenetica con la calcopirita y en menor proporción con la piritita y la galena. En el proceso de oxidación en la zona de meteorización (superficie), se descompone con relativa rapidez.</p> <p>Este elemento está presente en el agua debido principalmente a la actividad minera y muy rara vez por causas naturales, aunque en concentraciones muy bajas; también se encuentra en ciertos insecticidas y herbicidas, los que pueden contaminar artificialmente las aguas con dicho elemento. La presencia de arsénico se ha detectado asimismo, como impurezas de otros metales, como el cobre.</p>
Propiedades	<p>El Arsénico es un metaloide de color grisplateado, brillante, quebradizo y amorfo, de olor aliáceo, que en contacto con el aire húmedo se oxida fácilmente formando Trióxido de Arsénico o Anhídrido Arsenioso o Arsénico blanco. Se obtiene habitualmente en forma de trióxido de As., como producto secundario en la industria del cobre, plomo, cinc, estaño y oro, ya que se encuentra como impureza de muchos metales.</p> <p>Numerosos compuestos de arsénico son solubles al agua especialmente As₃ y As₆ y complejos orgánicos.</p>
Concentración establecida	<p>La FAO establece una concentración de 0.2 mg/l de Arsénico para aguas destinadas a la bebida del ganado.</p>

Características	ARSÉNICO (As)
	Descripción
Efectos en la Salud	Sistema cardiovascular, respiratorio, nervioso periférico, reproductivo, daños en el hígado, riñón, cancerígeno; potencialmente teratogénico.
Efectos en el Medio Ambiente	Produce problemas de constipación crónica, aunque pequeñas concentraciones le confieren al agua sabor desagradable lo que limita el consumo por parte de los animales. Los más susceptibles son los más jóvenes La máxima concentración soportable por el vacuno, según distintos autores se estima de 0,15 a 0,30 mg/lit, pero aún con estas concentraciones se pueden producir intoxicaciones crónicas. Sus síntomas son animales deprimidos, sin apetito, débiles y torpes, con temblores, convulsiones, diarreas y gastroenteritis hemorrágica.

Fuente: Recopilación de datos de diferentes autores y <http://www.lenntech.es/> día mes y año /Elaboración propia.

CUADRO 4 (I -4)

CARACTERÍSTICAS DEL MERCURIO

Características	MERCURIO (Hg)
	Descripción
Fuente o estado	El mercurio no es un elemento esencial para la vida, sin embargo siempre ha estado presente en la naturaleza en concentraciones a que los seres vivos están adaptados. Sus fuentes naturales son el vulcanismo, la desgasificación de la corteza terrestre, la erosión y la disolución de los minerales de las rocas debido a la penetración del agua a través de estas por tiempo muy prolongado. Las fuentes antropogénicas son la

Características	MERCURIO (Hg)
	Descripción
	minería, el uso industrial y la agrícola
Propiedades	Es de color gris claro, como plateado y bastante brillante. Es el único metal líquido a temperatura ambiente. Es además muy volátil, su dilatación es uniforme a cualquier temperatura. Se solidifica a $-38,87^{\circ}\text{C}$, hierve a $356,95^{\circ}\text{C}$ y tiene un punto de fusión de -39°C Su densidad es de $13,59\text{ g/cm}^3$, que es bastante elevada. Es muy difícil que le afecten los ácidos minerales. Es buen conductor de la electricidad, y tiene un elevado coeficiente de dilatación térmica. Su resistividad es de $0,957\text{ }\mu\Omega\cdot\text{m}$, pero a $-268,88^{\circ}$ desaparece súbitamente su resistencia. Si es sometido a una presión de 7.640 atmósferas ($5.800.000\text{ mm Hg}$) se transforma en sólido, habiéndose elegido esta presión como medida tipo para presiones extremadamente altas. Se disuelve en ácido nítrico y en ácido sulfúrico concentrado, pero es resistente a los álcalis. El mercurio ocupa el lugar 67 en abundancia entre los elementos de la corteza terrestre.
Concentración establecida	Se establece una concentración de 0.01 mg/l de mercurio, para aguas destinadas al riego, este valor lo establece la Ley General de Aguas, en su clase III, la cual indica Aguas destinadas al riego de vegetales de consumo crudo y bebidas de animales.
Efectos en la Salud	Sistema nervioso central, cardiovascular y respiratorio, riñón y ojos, teratogénico.
Efectos en el Medio Ambiente	Pruebas recientes indican que el mercurio está reduciendo la actividad microbiológica, vital para la cadena alimentaria terrestre. Puede que esto ya esté afectando a los suelos de los bosques en amplias zonas de Europa y potencialmente en

Características	MERCURIO (Hg)
	Descripción
	<p>muchos otros lugares del mundo cuyos suelos presentan características similares.</p> <p>El mayor efecto negativo de la contaminación ambiental por mercurio se produce a nivel acuático, debido a que el metilmercurio (toxina muy potente para el pescado) con el tiempo se acumula en la vida acuática en concentraciones y niveles más elevados. Al ir remontando la cadena alimentaria, las dosis medidas en los depredadores van por consiguiente en aumento.</p>

Fuente: Recopilación de datos de diferentes autores y <http://www.lenntech.es/> día mes y año /Elaboración propia.

CUADRO 5 (I -5)

CARACTERÍSTICAS DEL MAGNESIO

Características	MAGNESIO (Mg)
	Descripción
Fuente o estado	<p>Es muy abundante en la naturaleza, y se halla en cantidades importantes en muchos minerales rocoso, como la dolomita, magnesita, olivina y serpentina. Además se encuentra en el agua de mar, salmueras subterráneas y lechos salinos.</p> <p>Los compuestos de magnesio, principalmente su óxido, se usan como material refractario en hornos para la producción de hierro y acero, metales no férreos, cristal y cemento, así como en agricultura e industrias químicas y de construcción.</p> <p>La presencia de magnesio en los rellenos sanitarios se atribuye principalmente a los cosméticos, cemento y textiles.</p>

Características	MAGNESIO (Mg)
	Descripción
Propiedades	<p>Elemento químico, metálico, de símbolo Mg, colocado en el grupo IIa del sistema periódico, de número atómico 12, peso atómico 24.312. El magnesio es blanco plateado y muy ligero. Su densidad relativa es de 1.74 y su densidad de 1740 kg/m³ (0.063 lb/in³) o 108.6 lb/ft³). El magnesio se conoce desde hace mucho tiempo como el metal estructural más ligero en la industria, debido a su bajo peso y capacidad para formar aleaciones mecánicamente resistentes.</p>
Efectos en la Salud	<p>Efectos de la exposición al magnesio en polvo: baja toxicidad y no considerado como peligroso para la salud. Inhalación: el polvo de magnesio puede irritar las membranas mucosas o el tracto respiratorio superior. Ojos: daños mecánicos o las partículas pueden incrustarse en el ojo. Visión directa del polvo de magnesio ardiendo sin gafas especiales puede resultar en ceguera temporal, debido a la intensa llama blanca. Piel: Incrustación de partículas en la piel. Ingestión: Poco posible; sin embargo, la ingestión de grandes cantidades de polvo de magnesio puede causar daños.</p> <p>La exposición a los vapores de óxido de magnesio producidos por los trabajos de combustión, soldadura o fundición del metal pueden resultar en fiebres de vapores metálicos con los siguientes síntomas temporales: fiebre, escalofríos, náuseas, vómitos y dolores musculares. Estos se presentan normalmente de 4 a 12 horas después de la exposición y duran hasta 48 horas. Los vapores de óxido de magnesio son un subproducto de la combustión del magnesio.</p>
Efectos en el	En un espectro del 0 al 3, los vapores de óxido de magnesio

Características	MAGNESIO (Mg)
	Descripción
Medio Ambiente	registran un 0,8 de peligrosidad para el medioambiente. Una puntuación de 3 representa un peligro muy alto para el medioambiente y una puntuación de 0 representa un peligro insignificante. Los factores tomados en cuenta para la obtención de este ranking incluyen el grado de perniciosidad del material y/o su carencia de toxicidad, y la medida de su capacidad de permanecer activo en el medioambiente y si se acumula o no en los organismos vivos. No tiene en cuenta el grado de exposición a la sustancia.

Fuente: Recopilación de datos de diferentes autores y <http://www.lenntech.es/> día mes y año /Elaboración propia.

CUADRO 6 (I – 6)

CARACTERÍSTICAS DEL ZINC

Características	ZINC (Zn)
	Descripción
Fuente o estado	<p>El zinc es uno de los elementos menos comunes; se estima que forma parte de la corteza terrestre en un 0.0005-0.02%. Ocupa el lugar 25 en orden de abundancia entre los elementos. Su principal mineral es la blenda, marmatita o esfalerita de zinc, ZnS.</p> <p>Los usos más importantes del zinc los constituyen las aleaciones y el recubrimiento protector de otros metales. El hierro o el acero recubiertos con zinc se denominan galvanizados.</p> <p>Presente en baterías, soldaduras y lámparas fluorescentes</p>
Propiedades	Elemento químico de símbolo Zn, número atómico 30 y peso atómico 65.37. Es un metal maleable, dúctil y de color gris. Se

Características	ZINC (Zn)
	Descripción
	<p>conocen 15 isótopos, cinco de los cuales son estables y tienen masas atómicas de 64, 66, 67, 68 y 70. Cerca de la mitad del zinc común se encuentra como isótopo de masa atómica 64.</p> <p>El zinc es buen conductor del calor y la electricidad. Como conductor del calor, tiene una cuarta parte de la eficiencia de la plata. A 0.91°K es un superconductor eléctrico.</p>
Efectos en la Salud	<p>El Zinc es una sustancia muy común que ocurre naturalmente. Muchos alimentos contienen ciertas concentraciones de Zinc. El agua potable también contiene cierta cantidad de Zinc. La cual puede ser mayor cuando es almacenada en tanques de metal. Las fuentes industriales o los emplazamientos para residuos tóxicos pueden ser la causa del Zinc en el agua potable llegando a niveles que causan problemas.</p> <p>El Zinc es un elemento traza que es esencial para la salud humana. Cuando la gente absorbe demasiado Zinc estos pueden experimentar una pérdida del apetito, disminución de la sensibilidad, el sabor y el olor. Pequeñas llagas, y erupciones cutáneas. La acumulación del Zinc puede incluso producir defectos de nacimiento.</p> <p>Incluso los humanos pueden manejar proporcionalmente largas cantidades de Zinc, demasiada cantidad de Zinc puede también causar problemas de salud eminentes, como es úlcera de estómago, irritación de la piel, vómitos, náuseas y anemia. Niveles alto de Zinc pueden dañar el páncreas y disturbar el metabolismo de las proteínas, y causar arterioesclerosis. Exposiciones al clorato de Zinc intensivas pueden causar desordenes respiratorios.</p>

Características	ZINC (Zn)
	Descripción
	<p>En el Ambiente de trabajo el contacto con Zinc puede causar la gripe conocida como la fiebre del metal. Esta pasará después de dos días y es causada por una sobresensibilidad. El Zinc puede dañar a los niños que no han nacido y a los recién nacidos. Cuando sus madres han absorbido grandes concentraciones de Zinc los niños pueden ser expuestos a éste a través de la sangre o la leche de sus madres.</p>
Efectos en el Medio Ambiente	<p>El Zinc ocurre de forma natural en el aire, agua y suelo, pero las concentraciones están aumentando por causas no naturales, debido a la adición de Zinc a través de las actividades humanas. La mayoría del Zinc es adicionado durante actividades industriales, como es la minería, la combustión de carbón y residuos y el procesado del acero. La producción mundial de Zinc está todavía creciendo. Esto significa básicamente que más y más Zinc termina en el ambiente.</p> <p>El agua es contaminada con Zinc, debido a la presencia de grandes cantidades de Zinc en las aguas residuales de plantas industriales. Estas aguas residuales no son depuradas satisfactoriamente. Una de las consecuencias es que los ríos están depositando fango contaminado con Zinc en sus orillas. El zinc puede también incrementar la acidez de las aguas.</p> <p>Algunos peces pueden acumular Zinc en sus cuerpos, cuando viven en cursos de aguas contaminadas con Zinc, cuando el Zinc entra en los cuerpos de estos peces este es capaz de biomagnificarse en la cadena alimentaria.</p> <p>Grandes cantidades de Zinc pueden ser encontradas en los suelos. Cuando los suelos son granjas y están contaminados con</p>

Características	ZINC (Zn)
	Descripción
	<p>Zinc, los animales absorben concentraciones que son dañas para su salud. El Zinc soluble en agua que está localizado en el suelo puede contaminar el agua subterránea.</p> <p>El Zinc no sólo puede ser una amenaza para el ganado, pero también para las plantas. Las plantas a menudo tienen una toma de Zinc que sus sistemas no puede manejar, debido a la acumulación de Zinc en el suelo. En suelos ricos en Zinc sólo un número limitado de plantas tiene la capacidad de sobrevivir. Esta es la razón por la cual no hay mucha diversidad de plantas cerca de factorías de Zinc. Debido a que los efectos del Zinc sobre, las plantas es una amenaza sería para la producción de las granjas. A pesar de esto estiércol que contiene zinc es todavía aplicado.</p> <p>Finalmente, el Zinc puede interrumpir la actividad en los suelos, con influencias negativas en la actividad de microorganismos y lombrices. La descomposición de la materia orgánica posiblemente sea más lenta debido a esto.</p>

Fuente: Recopilación de datos de diferentes autores y <http://www.lenntech.es/> día mes y año /Elaboración propia.

CUADRO 7 (I – 7)

CARACTERÍSTICAS DEL HIERRO

Características	HIERRO (Fe)
	Descripción
Fuente o estado	Elemento químico, símbolo Fe, número atómico 26 y peso atómico 55.847. El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre (5%). Es un metal maleable, tenaz, de

Características	HIERRO (Fe)
	Descripción
	color gres plateado y magnético.
Propiedades	Los cuatro isótopos estables, que se encuentran en la naturaleza, tienen las masas 54, 56, 57 y 58. Los dos minerales principales son la hematita, Fe_2O_3 , y la limonita, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Las piritas, FeS_2 , y la cromita, $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$, se explotan como minerales de azufre y de cromo, respectivamente. El hierro se encuentra en muchos otros minerales y está presente en las aguas freáticas y en la hemoglobina roja de la sangre.
Oxidación	Este metal es un buen agente reductor y, dependiendo de las condiciones, puede oxidarse hasta el estado $2+$, $3+$ o $6+$.
Efectos en la Salud	<p>El Hierro puede ser encontrado en carne, productos integrales, patatas y vegetales. El cuerpo humano absorbe Hierro de animales más rápido que el Hierro de las plantas. El Hierro es una parte esencial de la hemoglobina: el agente colorante rojo de la sangre que transporta el oxígeno a través de nuestros cuerpos.</p> <p>Puede provocar conjuntivitis, coriorretinitis, y retinitis si contacta con los tejidos y permanece en ellos. La inhalación crónica de concentraciones excesivas de vapores o polvos de óxido de hierro puede resultar en el desarrollo de una neumoconiosis benigna, llamada siderosis, que es observable como un cambio en los rayos X. Ningún daño físico de la función pulmonar se ha asociado con la siderosis. La inhalación de concentraciones excesivas de óxido de hierro puede incrementar el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón en trabajadores expuestos a carcinógenos pulmonares. LD50 (oral, rata) =30 gm/kg. (LD50: Dosis Letal 50. Dosis individual de</p>

Características	HIERRO (Fe)
	Descripción
	una sustancia que provoca la muerte del 50% de la población animal debido a la exposición a la sustancia por cualquier vía distinta a la inhalación. Normalmente expresada como miligramos o gramos de material por kilogramo de peso del animal).
Efectos en el Medio Ambiente	El hierro (III)-O-arsenito, pentahidratado puede ser peligroso para el medio ambiente; se debe prestar especial atención a las plantas, el aire y el agua. Se recomienda encarecidamente que no se permita que el producto entre en el medio ambiente porque persiste en éste.

Fuente: Recopilación de datos de diferentes autores y <http://www.lenntech.es/> día mes y año /Elaboración propia.

CUADRO 8 (I – 8)

CARACTERÍSTICAS DEL CADMIO

Características	CADMIO (Cd)
	Descripción
Fuente o estado	<p>El cadmio se produce como un subproducto de la extracción del zinc, su uso principalmente se da en la fabricación de soldaduras, aleaciones, revestimientos metálicos, minerales plásticos.</p> <p>El cadmio no se encuentra en estado libre en la naturaleza, y la greenockita (sulfuro de cadmio), único mineral de cadmio, no es una fuente comercial de metal. Casi todo el que se produce es obtenido como subproducto de la fundición y refinamiento de los minerales de zinc, los cuales por lo general contienen de 0.2 a 0.4%.</p>

Características	CADMIO (Cd)
	Descripción
Propiedades	El cadmio, metal blanco plateado dúctil y maleable. Puede cortarse fácilmente con el cuchillo. No se encuentra nativo. Es insoluble en bases, se disuelve en ácido nítrico diluido y es poco soluble en los ácidos sulfúricos y clorhídricos.
Concentración establecida	La FAO, establece una concentración máxima de 0.01 mg/l para el Cadmio, en aguas destinadas al Riego.
Efectos en la Salud	<p>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio. La inhalación del humo puede originar edema pulmonar y fiebre de los humos metálicos. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA Los pulmones pueden resultar afectados por la exposición prolongada o repetida a las partículas de polvo. La sustancia puede afectar al riñón, dando lugar a una proteinuria y a una disfunción del riñón. Esta sustancia es probablemente carcinógena para los seres humanos</p> <p>El cadmio provoca una enfermedad denominada ITAI-ITAI caracterizado por dolor abdominal diarreas y enfisema pulmonar y descalcificación de los huesos.</p>
Efectos en el Medio Ambiente	<p>El Cadmio puede ser transportado a grandes distancias cuando es absorbido por el lodo. Este lodo rico en Cadmio puede contaminar las aguas superficiales y los suelos.</p> <p>El Cadmio puede ser absorbido por las plantas y acumulado en cantidades que pueden entrañar serios riesgos para la salud humana. Su similitud con el Zin, le permite reemplazarlo, ser absorbido por la planta en su lugar y desempeñar sus funciones.</p>

Características	CADMIO (Cd)
	Descripción
	<p>Por su alta toxicidad ocasiona serios trastornos en la actividad enzimática de la planta. Se le atribuye un marcado efecto en la reducción del crecimiento, la extensibilidad de la pared celular, el contenido de clorofila. Todos los efectos negativos varían de una especie a otra. El cadmio es absorbido por el arroz y el trigo en especial.</p> <p>La presencia del cadmio en el agua dependerá de la fuente donde proviene y la acidez del agua puede ser por descargas de desechos industriales o por lixiviación de áreas de relleno, también se da por suelos a los cuales se le han agregado lodo cloacales.</p>

Fuente: Recopilación de datos de diferentes autores y <http://www.lenntech.es/> día mes y año /Elaboración propia.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. DESCRIPCIÓN FÍSICA.

2.1.1. Ubicación del Área de Estudio.

La comunidad de Buena Vista se encuentra en el Distrito 1 del Cantón de Moreta, colinda al norte con la localidad de Entre Ríos y al Sur con la comunidad de Los Naranjos, al Oeste con el Río Salinas y al Este colinda con la serranía de San Simón.

El vertedero sin control o comúnmente denominado botadero municipal de la localidad de Entre Ríos se encuentra ubicado en la comunidad de Buena Vista, en dirección S 40° E del km 0 de la localidad de Entre Ríos. A una distancia aproximada de 1,29 km. en línea recta. Ubicado dentro de la zona 20k con las coordenadas (UTM), al Norte 7.618.456,00 metros y al Este 379.693,00 metros y a altura aproximada de 1.254,00 msnm.

En definitiva el área de estudio, vale decir donde se toma las respectivas muestras para sus análisis en laboratorio y su evaluación empieza en las coordenadas al Este 379722,00 y al Norte 7618456,00 y continua agua abajo por el eje o lecho de la quebrada pasando por diferentes puntos, hasta llegar a las siguientes coordenadas al Este 379510,00 y al Norte 7617872,00 donde se tomó la última muestra de suelo, punto que queda a 24,00 metros antes de llegar al Río Salinas. Haciendo una longitud total de 659,14 metros considerando el tramo en línea recta de punto a punto continuamente.

2.1.2. Vías de Acceso.

Para acceder a la zona de buena vista donde se encuentra ubicado el vertedero sin control del municipio y la Quebrada Buena Vista, se toma el camino carretero con dirección a la localidad de naranjos, y una distancia aproxima de 1,93 km. se tiene, el primer acceso que esta antes de llegar al sitio, acceso ubicado hacia la izquierda con una longitud aproximada de 364,70 m. que permite acceder a la parte superior del

vertedero, en la misma altura pero al lado derecho existe otro acceso de 382,75 m. que nos permite llegar al punto M-5 sobre la Quebrada Buena Vista además podemos llegar al Ríos Salinas. Y otro acceso está a 475,58 m. sobre el camino principal en curva, a la altura de la Quebrada Buena Vista, y a lado izquierdo, donde se puede ver visiblemente las instalaciones de portería y galpón de clasificación (no se encuentra en funcionamiento) además permite llegar a la parte inferior del vertedero con una distancia aproximada de 345,10 m. También a esa altura pero al lado derecho existe una senda que permite recorrer de manera paralela la Quebrada Buena Vista, hasta llegar a intersectar el punto M-5 acceso.

En la actualidad la carretera hasta llegar a los dos accesos señalados se encuentra en construcción donde parte de ella esta con pavimento flexible, considerando que muy pronto terminara su ejecución, sin embargo los dos accesos señalados que permiten el ingreso al Botadero Municipal, son vías de tierra sin ningún tipo de tratamiento por lo que solamente circulan los vehículos (volquetas) que transportan los residuos sólidos y el otro acceso con rumbo al Ríos Salinas también es de tierra y permite la circulación de vehículos particulares.

2.1.3. Características Físico-Biológicas.

- ✓ **Clima:** La zona de estudio tiene el mismo clima que la localidad de Entre Ríos, lo que significa un clima cálido semihúmedo con una temperatura media anual de 19 °C y la precipitación promedio anual es de 1125,00 mm, datos que son tomado de la estación meteorológica de El Pajonal.
- ✓ **Flora y Fauna:**
 - **Flora:** La zona presenta una vegetación arbórea y arbustiva en la que podemos destacar algunas especies huaranguay, carnaval, nogal, tusca.
 - **Fauna:** Se observa de manera permanente la presencia de ganado porcino, vacuno, equinos, aves silvestres.
- ✓ **Fisiografía:** Valles Coluvio-aluviales disección ligera, esta unidad pertenece a los valles de los ríos Santa Ana, Pajonal, Río Salinas y San Antonio, entre las comunidades de Pajonal, Entre Ríos, Alambrada, Buena Vista, Los Naranjos,

Valle del Medio, Fuerte Santiago, La Cueva, San Antonio, Huayco El Tigre, y Salinas, formados por terrazas aluviales, relieve ligeramente ondulado a moderadamente escarpado, la zona de estudio alcanza alturas en un rango de 1.206 a 1.256 msnm.

✓ **Geología y Geomorfología**

○ **Geología:**

- **Roca Madre:** la zona presenta una roca sedimentaria arenisca, degradada por los procesos de meteorización.
- **Tipo de Suelo:** En la zona predomina el tipo de suelo arenoso, con una textura areno-limoso.

- **Geomorfología:** La zona presenta terrenos ondulados, siendo pie de la cordillera, con pendiente aproximada de 0,1 a 17,7 %, también presenta quebradas de primer y segundo orden, que descargan sus aguas al Río Salinas en época de lluvia, con una longitud de 689 metros lineales aproximadamente desde el punto M-1 hasta llegar al citado río.

2.2. MATERIALES.

Los materiales utilizados para la identificación y toma de las muestras son los que se detalla a continuación:

- ✓ GPS.
- ✓ Flexómetro y/o Huincha.
- ✓ Picota y Cavador
- ✓ Piquetes.
- ✓ Badilejo.
- ✓ Nilón o Plástico.
- ✓ Bolsas Plástica.
- ✓ Tablero.
- ✓ Bolígrafos y Marcadores.
- ✓ Etiquetas de identificación.

CUADRO 9 (II-1)

ETIQUETA DE IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELO

MUESTRA DEL SUELO	
Numero de Muestra	
Lugar del muestreo	
Nombre del proyecto	
Fecha y Hora de muestreo	
Nombre del muestreador	

- ✓ Hojas o Papel Bond.
- ✓ Cinta de Embalaje.
- ✓ Cámara fotográfica.
- ✓ EPP.

2.3. METODOLOGÍA.

Para lograr nuestro objetivo en el presente trabajo de investigación, se empleó diferentes métodos que hicieron posible la descripción, la cuantificación y análisis de los datos obtenidos en el campo y laboratorio hablamos del método descriptivo, método cuantitativo y el método analítico.

2.3.1. Método Descriptivo.

El método descriptivo, busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población (Hernández, 2006).

En el estudio descriptivo el propósito del investigador es describir situaciones y eventos. Esto es, decir como es y se manifiesta determinado fenómeno (Zorrilla, 1986).

Por lo tanto el presente método, fue importante para lograr concretar el presente documento, ya que nos permitió describir de manera detallada y objetiva todos los

aspectos importantes que se experimentaron en el desarrollo del trabajo de campo y oficina.

2.3.2. Método Cuantitativo.

Se llama método cuantitativo a la que se vale de los números para examinar datos o información. Es uno de los métodos utilizados por la ciencia, matemática, informática.

Este método es aplicado en el laboratorio donde se analizó las muestras enviadas y de ello se obtuvieron las cantidades de los metales pesados, presentes en los suelos para cada punto de muestreo. Estos datos obtenidos en laboratorio examinar la cantidad de los metales pesados en el suelo.

2.3.3. Método Analítico.

El método analítico descompone una idea o un objeto en sus elementos (distinción y diferencia), y el sintético combina elementos, conexiona relaciones y forma un todo o conjunto (homogeneidad y semejanza), pero se hace aquella distinción y se constituye esta homogeneidad bajo el principio unitario que rige y preside ambas relaciones intelectuales (Montaner y Simón, 1887).

Podemos señalar que el método analítico al presente trabajo de investigación contribuyo de manera significativa, a través de los resultados obtenidos en laboratorio producto de las muestras enviadas. Se procedió a la interpretación y respectivo análisis de los resultados de cada muestra y por separado para cada elemento o metal pesado, de qué manera está influyendo en el medio ambiente y salud, si está dentro de los límites permisibles. Y posteriormente de manera general con la interpretación por separado se realiza una evaluación general del grado de contaminación al suelo producto de la presencia de los metales pesados, este último procedimiento se enmarco en el Reglamento de Control y Prevención Ambiental (RPCA).

2.4. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA.

Para la realización del presente trabajo de investigación se persiguió la siguiente metodología, que se describirán a detalle en cada uno de los siguientes acápite de forma ordenada tal cual se lo ejecuto.

2.4.1. Reconocimiento.

Se empleó el método de la observación al lugar, para el reconocimiento del lugar de estudio, iniciando desde el botadero municipal, siguiendo por toda la quebrada buena vista y culminando este recorrido en la intersección con el Río Salinas, durante este reconocimiento se observó los aspectos físico-biológicos de la zona, además se identificó sin ninguna precisión los posibles puntos para extraer la muestra del suelo.

2.4.2. Definición de Puntos de Muestreo.

En el segundo recorrido por la quebrada Buena Vista, con el objetivo de definir de manera precisa los puntos de muestreo, primeramente se tomó los siguientes parámetros, los puntos a muestras deberían estar ubicados en el lecho de la quebrada y deberá ser considera como una zona de acumulación, es decir que exista sedimentación del suelo. Tomado muy en cuenta estos parámetros señalados, con la ayuda de un GPS se obtuvieron de manera más precisa las coordenadas georreferenciadas para la toma de los puntos de muestreo. En total se definió seis puntos para tal finalidad, los cuales se resumen en la siguiente tabla.

TABLA 1 (II-1)

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.

COORDENADAS GEOGRÁFICA UTM, TOMADAS CON GPS OREGÓN 650						
Nº	PUNTO	ESTE (X)	NORTE (Y)	ALTURA	DIST. PARCIAL	DIST. TOTAL
1	M-1	379722,00	7618456,00	1256,00	0	0
2	M-2	379714,00	7618340,00	1246,00	116,276	116,276
3	M-3	379692,00	7618313,00	1244,00	34,828	151,104

COORDENADAS GEOGRÁFICA UTM, TOMADAS CON GPS OREGÓN 650						
Nº	PUNTO	ESTE (X)	NORTE (Y)	ALTURA	DIST. PARCIAL	DIST. TOTAL
4	M-4	379627,00	7618228,00	1235,00	107,005	258,109
5	M-5	379516,00	7618105,00	1216,00	165,68	423,789
6	M-6	379510,00	7617872,00	1206,00	233,077	656,866

Fuente: Elaboración Propia, 2015

2.4.3. Toma de Muestra.

Inicialmente se consideró lo señalado por (Valencia y Hernández, 2002) “El muestreo es el primer paso a efectuar para realizar un análisis de suelos y es la actividad por medio de la cual se toman partes representativas de un todo llamado población, con el objeto de conocer la población total a partir del estudio de las características de cada una de esas partes”.

Para el diseño del muestreo se eligió uno de las propuestos por (Valencia y Hernández 2002), los cuales indica que pueden ser “(i) a juicio (no probabilístico) o bien, (ii) aleatorio simple, estratificado o sistemático (probabilístico)”.

El diseño que se adecua para lograr nuestro objetivo planteado para el presente trabajo, se utilizó el “muestreo selectivo o a juicio se presenta cuando los elementos son seleccionados mediante un criterio personal y generalmente lo realiza un experto. En zonas heterogéneas de pequeña extensión se pueden escoger puntos con base en diferencias típicas, como cambios notorios en relieve, textura, color superficial, vegetación, etc. En los estudios ambientales, el muestreo selectivo, a menudo, constituye la base de una investigación exploratoria. Sus principales ventajas son la facilidad de realización y sus bajos costos, además de que se puede llevar a cabo en zonas heterogéneas como en zonas homogéneas (Mason 1992)”.

La profundidad de un muestreo depende directamente del objetivo del mismo, es decir, si está diseñado para determinar afectaciones a la salud o los ambientales. Las propiedades físicas del suelo, su tamaño de partícula, cohesión, humedad, y factores como la profundidad del lecho rocoso y del manto freático, limitarán la profundidad a

la que las muestras pueden tomarse, así como el método para su recolección (Ford et al. 1984).

Profundidad para la toma de muestra de acuerdo al objetivo.

CUADRO 10 (II-2)

PROFUNDIDAD RECOMENDADA PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE LOS SUELOS.

OBJETIVO DEL MUESTRO	PROFUNDIDAD RECOMENDADA
Riesgo de contaminación en acuíferos	Por horizontes
Riesgo en la salud	0 – 10 cm.
Afectación a microorganismos del suelos	Horizonte A
Fertilidad	Espacio radicular (0 – 30 cm)
Lixiviación	Por horizontes

Fuente: Instituto Nacional de Ecología (INE) – Secretaria de Medio Ambiente y Recurso Naturales (SEMARNAT). México. 2005

Siguiendo con nuestro objetivo de investigación y enmarcado en el anterior cuadro, se adoptó la profundidad de 0 a 10 cm. Lo que nos interesa, con este tipo de análisis de las muestras es verificar el grado de contaminación de los suelos y si esto es riesgoso para la salud y el medio ambiente.

Empero antes de realizar el respectivo muestreo de los suelos y para tener una mayor precisión o acercamiento de los posibles metales pesados presentes en el Botadero Municipal, se decidió tomar muestra del lixiviado.

2.4.3.1. Muestra del Lixiviado:

Se realizó una toma de muestra de los lixiviados que provienen de los residuos sólidos, esta muestra se realizó en el punto con las siguientes coordenadas al Este 379722,00 y al Norte 7618456,00, prácticamente se encuentra donde se realizó el muestreo del primer punto M-1, la muestra del lixiviado se tomó el 02 de septiembre de 2015. Se procedió a recolectar el lixiviado en una botella desechable PET de agua

natural de dos litros, con la ayuda de un vaso de plástico se llenó la botella hasta el tope, una vez llena se prosiguió a la identificación y el sellado de la muestra. Para luego ser enviado al laboratorio para su respectivo análisis de la presencia de metales pesados.

2.4.3.2. Descripción del Muestreo de Suelos.

El muestro se lo realizo en época de estiaje correspondiente al mes de septiembre, después de haber definido los puntos de muestreo, se prosiguió a la toma de las diferentes muestras, donde el procedimiento empleado fue un factor común para cada una de ellas, inicialmente en cada punto de muestreo se realizó la limpieza respectiva de los mismos luego con el apoyo del flexómetro se determinó el área de 40 cm. por 40 cm. posteriormente con la ayuda del cavador se aflojo el suelo, hasta obtener una profundidad de 10 cm. consecutivamente sobre una bolsa plástica se acopio el material suelto y este último con el apoyo de un badilejo y realizando una operación de sacudido se logró homogenizar, terminada esa operación se prosiguió a realizar el cuarteo sobre la muestra con la finalidad de conseguir una muestra representativa, inmediatamente, con la ayuda del badilejo se introdujo en las bolas de polietileno de alta densidad, una de las cuartas partes de esa muestra, por último cada muestra se lo sello y se puso su respectiva identificación, para luego estas muestras sean pesadas y luego embaladas para su respectivo transporte con destino al laboratorio ENVIROLAB S.R.L., para su respectivo análisis del contenido de los metales pesados. Para el último procedimiento señalado es muy importante la temperatura de preservación de la muestra y se basó en el siguiente cuadro, utilizando los parámetros de metales pesados y metaloides y mercurio (Hg).

CUADRO 11 (II-3)

TIEMPO Y TEMPERATURA DE PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS DEL SUELO.

Parámetros	Tipo de recipiente	Temperatura de preservación	Tiempo máximo de Conservación
Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's)	Frasco de vidrio boca ancha, con tapa y sello de teflón	4 °C	14 Días
BTEX			
Hidrocarburos fracción ligera			
Hidrocarburos fracción media			
Hidrocarburos fracción pesada			
Compuestos Orgánicos Semi-Volátiles (COSV's) y Plaguicidas			
Metales pesados y metaloides	Bolsa de Polietileno de Alta Densidad (PEAD)	Sin restricción	Sin restricción
Mercurio (Hg)	Frasco de vidrio con tapa y sello de teflón que asegure la integridad de las muestras hasta su análisis**	4 °C	14 Días
PCB	Viales de vidrio con cierre de teflón	4 °C	14 Días
PAH	Viales de vidrio con cierre de teflón	4 °C	14 Días

Fuente: Ministerio del Ambiente - Vice Ministerio de Gestión Ambiental – Dirección General de gestión Ambiental, en el marco del D.S. N° 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para el Suelo.

Dónde:

- ✓ (**) En el presente trabajo de investigación, a pedido y sugerencia de laboratorio ENVIROLAB, el recipiente utilizado para este parámetro fue el Polietileno de Alta Densidad (PEAD).

2.4.3.3. Descripción de Cada Punto de Muestreo

Inicialmente describiremos de manera general las características especiales de cada punto de muestreo.

- ✓ **Muestra 1 (M-1):** La primera muestra se tomó en las coordenadas Este 379722,00 y al Norte 7618456,00 con una altura de 1246,00 msnm en este punto el suelo encontrado fue areno-limoso, sin cobertura vegetal, solamente se despejó algunos residuos como bolsas, luego se identificó el punto de muestreo, con la ayuda de un flexo se demarco un superficie cuadrada de 40 cm. cada lado, se aflojo el suelo, hasta llegar a una profundidad de 10 cm. Posteriormente se prosiguió con todo lo señalado anteriormente. Lo resaltante de este punto es que su ubicación se encuentra próxima a los pies del Botadero Municipal, prácticamente se tomó la muestra al lado donde se muestreo el lixiviado.
- ✓ **Muestra 2 (M-2):** La segunda muestra se tomó en las coordenadas Este 379714,00 y al Norte 7618340,00 con una altura de 1246,00 msnm, en este punto el suelo predominante fue arenoso sin cobertura vegetal, pero con presencia de residuos como bolsas plásticas, hojas secas y heces fecales de animales, mismos que fueron retirados del lugar, luego seguir con el procedimiento ya descrito. La característica de este punto, se encuentra en la intersección de dos quebradas intermitentes una que baja del botadero producto del desborde o colmatación de los canales de mampostería que en algún momento condujeron los lixiviados, y la otra quebrada baja directamente de cerro ubicado al este, además alrededor del punto existe vegetación arbustiva y arbórea, por ultimo señalar que la piscina o laguna de mampostería se encuentra aproximadamente a **20 m.** al norte del punto.
- ✓ **Muestra 3 (M-3):** La tercera muestra se tomó en las coordenadas Este 379692,00 y al Norte 7618313,00 y con una altura de 1244,00 msnm en este punto el suelo que predominó fue areno-limoso, sin cobertura vegetal sobre el punto de muestra luego se despojó los residuos sólidos como hojas secas y

heces fecales de animales, luego continuando con el procedimiento descrito. El punto M-3 se encuentra sobre la quebrada Buena Vista, en una zona de acumulación, y aguas abajo a unos **15 m.** aproximadamente se encuentra emplazada una alcantarilla tipo cajón que permite el paso de la carretera asfaltada, con respecto a la vegetación se observó arbustos y algunos árboles.

- ✓ **Muestra 4 (M-4):** La cuarta muestra se tomó en las coordenadas Este 379627,00 y al Norte 7618228,00 con una altura de 1235,00 msnm, en este punto el suelo predominante encontrado fue arenoso sin cobertura vegetal y se procedió al desalojo de hojas secas, el punto se localiza en el eje de la quebrada de Buena Vista, en el lugar se aprecia la acumulación de sedimentos y es como una especie de trampa que permite la acumulación de suelo. El acceso al lugar esta obstruido por vegetación y el ingreso a la quebrada tienen una altura aproximada de 2,00 m. que requiere especial atención a la hora de bajar para evitar un accidente. Este es el punto de más difícil acceso de todos los puntos determinados.
- ✓ **Muestra 5 (M-5):** La quinta muestra se encuentra en las coordenadas al Este 379516,00 y al Norte 7618105,00 con una altura de 1216,00 msnm, en este punto el suelo hallado fue areno-limoso, sin cobertura vegetal. Punto que se encuentra al lado interno de un alambrado privado y a un metro de la intersección del acceso, que a su vez este último es el cauce de la quebrada, y en la parte de aguas arriba se observa la afloración de la roca madre, el lugar donde se sacó la muestra es una zona de acumulación, es decir acumula o sedimenta el material suelto que proviene de aguas arriba.
- ✓ **Muestra 6 (M-6):** La sexta y última muestra se tomó en las coordenadas Este 379510.00 y al Norte 7617872.00 con una altura de 1206.00 msnm, en este punto el tipo de suelo que se encontró fue areno-arcilloso, la muestra se tomó en el eje o lecho de la quebrada Buena Vista, 24 m. antes de llegar al Río Salinas, en este punto se nota un aspecto muy importante, el color del subsuelo varía de tonalidad de color a oscuro, esto ocurre aproximadamente a los 5 cm.

En la siguiente tabla se muestra el peso en kg de cada muestra.

TABLA 2 (II-2)

PESO DE LAS MUESTRAS EXTRAÍDAS EN CAMPO.

	Muestras de suelo					
	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6
Peso (Kg.)	2,60	2,20	3,20	3,20	2,60	2,60

Fuente: Elaboración propia, 2015

2.4.3.4. Ponderación del Impacto.

Para determinar la ponderación del impacto sobre el suelo por la presencia de la concentración de los metales pesados es necesario recurrir a apoyo del Reglamento para Control y Prevención Ambiental de la Ley N° 1333 de Medio Ambiente, y basarse en el siguiente cuadro ilustrativo:

CUADRO 12 (II4)

PONDERACIÓN DE LOS IMPACTOS SEGÚN RCPA

	PASO 1 CLASIFICACIÓN PRIMARIA	PASO 2 CLASIFICACIÓN SECUNDARIA		PASO 3 PONDERACIÓN	OBSERVACIONES
	I M P A C T O	Positivo	Directo	Indirecto	
Permanente			Temporal		
Extenso			Localizado	Medio	
Próximo			Alejado		
Reversible				Bajo	
Recuperable					
Acumulativo					
Negativo		Directo	Indirecto	Alto	
		Permanente	Temporal	Medio	
		Extenso	Localizado		

	PASO 1 CLASIFICACIÓN PRIMARIA	PASO 2 CLASIFICACIÓN SECUNDARIA		PASO 3 PONDERACIÓN	OBSERVACIONES
		Próximo	Alejado	Bajo	estableciendo mediciones de la (s) variable (s) para el atributo en cuestión, bajo la condición actual (sin proyecto) y a través de proyecciones para la condición futura (con proyecto)
		Reversible	Irreversible		
		Recuperable	Irrecuperable		
		Acumulativo			

Fuente: Reglamento de Prevención y Control Ambiental

Con la ayuda y basado en el anterior cuadro ilustrativo, se llega a determinar la ponderación alto, medio o bajo para cada concentración de los metales pesados en el suelos y para cada muestra.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. DETERMINANDO LA PRESENCIA DE METALES PESADOS

3.1.1. Resultados y Discusión del Contenido de Metales Pesados en los Lixiviados.

El análisis y la interpretación que se pueda realizar de los resultados en los lixiviados es determinante para conseguir nuestro objetivo, es decir que nos permitirá seleccionar o descartar algunos parámetros de los cuales se hizo analizar, esto con la finalidad de poder estar seguros de la presencia de estos metales pesados en grandes cantidades que podrían estar concentrados en el Botadero Municipal, esto no significa que descartemos la presencia natural de los metales pesados en el medio ambiente

En tal sentido, después de todo un procedimiento, que desarrollaron los técnicos especialistas en el laboratorio ENVIROLAB S.R.L., se obtuvo del análisis del Ph y metales pesados los siguientes resultados que se muestran en el siguiente cuadro.

CUADRO 13 (III-1)

RESULTADOS DE LOS LIXIVIADOS

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN	MÉTODO /NORMA	VALORES
pH a Temp= 20,2	Esc. pH	± 0,01	ASTMD 1293-99	8,11
Plomo	mg/l	0,05	ASTMD 3559-02A	5,9
Cromo +6	mg/l	0,005	USGS I-1230-85	< 0,005
Arsénico	mg/l	0,002	ASTMD 2972-03	0,051
Mercurio	mg/l	0,001	ASTMD3223-02	< 0,001
Magnesio	mg/l	0,50		373
Zinc	mg/l	0,038	PROC-TC-013 ₁	0,591
Hierro	mg/l	0,027	PROC-TC-014 ₂	40,2**
Cadmio	mg/l	0,017	PROC-TC-015 ₃	< 0,017

Fuente: ENVIROLAB-2015.

Dónde:

- ✓ (**) El valor reportado está calculado con factor de dilución

Como podemos ver los resultados obtenidos de la presencia de metales pesados en los lixiviados del Botadero Municipal de Entre Ríos, a simple interpretación sobre la tercera columna, los límites de cuantificación, es decir el margen de error es mínimo, por lo que podemos deducir que los resultados son confiables y podemos trabajar con ellos.

Para lo cual realizando una comparación de los resultados obtenido en laboratorio de la presencia de metales pesados, inicialmente con los parámetros permisibles que establece el Reglamento en Materia y Contaminación Hídrica (RMCH), se puede resumir en la siguiente tabla.

TABLA 3 (III-1)

**COMPARACIÓN DE LOS VALORES OBTENIDOS EN LABORATORIO Y
LOS PARÁMETROS ESTABLECIDOS EN EL RMCH DESCARGAS
LIQUIDAS.**

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO LABORATORIO	LMP SEGÚN RMCH (*)	LMP SEGÚN RMCH (**)
pH (T 20.2 °C)		8,11	6,9	6,0 - 9,0
Plomo (Pb)	mg/l	5,9	0,3	0,1 _C
Cromo (Cr ⁺⁶)	mg/l	< 0,005	0,05	0,05 _C
Arsénico (As)	mg/l	0,051	0,5	
Mercurio (Hg)	mg/l	< 0,001	0,001	0,001
Magnesio (Mg)	mg/l	373		150 _C
Zinc (Zn)	mg/l	0,591	1,5	5,0 _C
Hierro (Fe)	mg/l	40,2	0,5	1,0 _C
Cadmio (Cd)	mg/l	< 0,017	0,15	0,005

Fuente: ENVIROLAB S.R.L.-2015, RMCH-1995, Elaboración Propia.

Dónde:

- ✓ (*) Datos extraídos del Anexo 2 del RMCH “Límites permisibles para descargas líquidas en mg/l), de la propuesta mensual”.
- ✓ (**) Datos extraídos del Anexo 1 del RMCH “Límites permisibles para cuerpos receptores en mg/l), de la clase D”.
- ✓ T = Temperatura de la muestra en °C.

De esta comparación podemos indicar de forma general que sus resultados de los parámetros del Cromo (Cr), Arsénico (As), Mercurio (Hg), Zinc (Zn) y Cadmio (Cd), se encuentran por debajo de los límites permisibles, establecidos en el anexo 2 del RMCH, Por otro lado también podemos ver que los resultados de los parámetros del Plomo (Pb) y Hierro (Fe), se encuentran superior a los límites permisibles establecidos en el RMCH del anexo 2, sin embargo al hacer un análisis de los mismos metales podemos observar el Plomo (Pb), Hierro (Fe), Cadmio (Cd), y el Magnesio (Mg) están por encima de los límites permisibles establecidos en el anexo 1 del RMCH, correspondiendo a la Clase D el cuerpo de agua, además coincidiendo con el Cromo (Cr), Mercurio (Hg), Zinc (Zn) que se encuentran por debajo de los límites permisibles del anexo 1 del RMCH, debemos señalar que algunos metales son requeridos por algunas plantas y animales para su metabolismo, en cantidades mínimas o trazas, también están los metales que pueden causar daño a los seres vivos en cantidades mínimas tal es el caso de Mercurio (Mg) Cadmio (Cd) y el Plomo (Pb), etc. Por último, como el pH es determinante para la presencia de los metales pesados, es decir cuando el pH es ácido existe la probabilidad de mayor presencia de algunos metales pesados y cuando el pH es básico puede existir en pequeña escala. De acuerdo a nuestro resultado tenemos un pH de 8,11 lo que significa que es básico, durante la fase ácida el pH será bajo y las concentraciones de DBO, DQO los metales pesados serán altos lo que explica en alto valor de algunos metales pesados.

TABLA 4 (III – 2)
COMPARACIÓN DE LOS VALORES OBTENIDOS EN LABORATORIO
CON OTROS ESTUDIOS REALIZADOS AL CONTENIDO DE METALES
PESADOS EN LOS LIXIVIADOS EN DIFERENTES RELLENOS
SANITARIOS.

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO LABORATORIO	CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE LOS LIXIVIADOS					
			(*)			(**)	(***)	
			LJ (<5 AÑOS)	LI (5-15 AÑOS)	LM (>15 AÑOS)	VALOR PROMEDIO	FERMENTACIÓN ÁCIDA	FERMENTACIÓN METANOGENICA
pH (T 20.2 °C)		8,11	7,77-8,26	7,55-8,29	8,18-8,58	6,3 – 7,9	6,1-5,5	8,0-8,5
Plomo (Pb)	mg/l	5,9	< 0,053	< 0,053	< 0,053	0 – 2,0	0,008-1,02	0,008-1,02
Cromo (Cr ⁺⁶)	mg/l	< 0,005				0 – 8,7		
Arsénico (As)	mg/l	0,051				0,04	0,007-1,56	0,007-1,56
Mercurio (Hg)	mg/l	< 0,001				0,008	0,0002-0,061	0,0002-0,061
Magnesio (Mg)	mg/l	373	323-715	179-353	127-165	396 – 995	600-1130	250-534
Zinc (Zn)	mg/l	0,591	0,597-0,698	0,307-0,406	0,086-0,119	25- 3,0	5,6-68,4 (113)	0,64-3,78
Hierro (Fe)	mg/l	40,2	33,59	5,78	4,32	7- 1,600	925-2120	15-29,3 (282)
Cadmio (Cd)	mg/l	< 0,017	<0,041	<0,041	<0,041	0 – 0,025	0,001-0,00629 (0,141)	0,001-0,00629 (0,141)

Fuente: ENVIROLAB S.R.L.-2015, Rivera-Lagua E.-2013, Úrdela Gonzales J.-1982, Hans-Jürgen Ehrig-1992, Elaboración Propia 2015.

Dónde:

- ✓ Valores en paréntesis, son de diferentes rellenos.
- ✓ **LJ** = Lixiviados Jóvenes, menores a 5 años (Tipo I, biodegradable).
- ✓ **LI** = Lixiviados Intermedios, de 5 a 15 años (Tipo II, Intermedio).
- ✓ **LM** = Lixiviados Maduros, mayores a 15 años (Tipo III, Estabilizado)
- ✓ **T** = Temperatura de la muestra en °C.
- ✓ (*) Emily Rivera-Laguna, Luz Barba-Ho, Patricia Torres-Lozada, 2013, “Determinación de la toxicidad de lixiviados provenientes de residuos sólidos urbanos mediante indicadores biológicos”
- ✓ (**) González Urdela J. Lorenzo, 1982, “Monitoreo Ambiental en Rellenamientos Sanitarios”
- ✓ (***) Hans-Jürgen Ehrig, 1992, “Cantidad y contenidos de lixiviados de rellenos de desechos domésticos”.

Para la cuarta, quinta y sexta columna, los lixiviados jóvenes contienen la mayor carga orgánica DQO mayor a 20,000 mg/L, y de la cual más del 50% es biodegradable al presentar una relación DBO_5/DQO superior a 0.5. Por su parte, el lixiviado catalogado como viejo o maduro registra una menor carga orgánica con una relación DBO_5/DQO inferior a 0.1, por lo que la mayor parte de los contaminantes orgánicos son de naturaleza refractaria (Najera Hugo).

Según los resultados obtenidos, considerando los parámetros del Mg, Zn y Fe, y comparando con lo que señala (Rivera-Laguna, 2013), estaría hablándose de que los lixiviados del Botadero Municipal, son jóvenes, sin embargo el funcionamiento del Botadero data desde de 1997 aproximadamente, hasta hoy trascurrieron 18 años de vida útil, lo que nos indica que los parámetros debieran coincidir aproximadamente con el tipo de lixiviado maduro o viejo. Pero a este análisis si le añadimos que los residuos sólidos dispuestos en el Botadero son el 75,5 % son orgánicos según (Vega Y, 2013), este factor estaría influyendo para que los lixiviados sean considerados jóvenes.

Comparando con la séptima columna, datos obtenidos por (González Urdela J., 1982) la mayoría de los parámetros se encuentran dentro del rango que el autor plantea, a excepción del Fe y Pb nuestros resultados son muy elevados y el Zn tiene un valor muy inferior, esta diferencias se deben a la composición de los residuos sólidos que se generan en el fuente.

Comparando el resultado con la octava y novena columna, que son datos obtenidos por (Hans-Jürgen, 1922), refiriéndose a la fermentación acida y metanogénica que atraviesan los residuos sólidos confinados en un relleno sanitario, según esta comparación, la mayoría de los parámetros coinciden o están dentro del rango de la columna de fermentación metanogénica, lo que nos indica que el Botadero Municipal de Entre Ríos a traviesa por esta etapa.

3.1.2. Parámetros o Metales Pesados Representativos en el Factor Suelo.

Para concluir con el análisis e interpretación de la muestra del lixiviado, mostraremos en la siguiente tabla todos los datos que se analizaron por separado con anterioridad,

con la finalidad de resaltar y elegir los parámetros a considerar en el análisis de los suelos.

TABLA 5 (III-3)
COMPARACIÓN Y SELECCIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA EL
ANÁLISIS DE LA MUESTRAS DEL SUELO.

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO LABORATORIO	RMCH	CARACTERÍSTICAS FISIO QUÍMICAS DE LOS LIXIVIADOS					
				(*)			(**)	(***)	
				LJ (<5 AÑOS)	LI (5-15 AÑOS)	LM (>15 AÑOS)	VALOR PROMEDIO	FERMENTACIÓN ÁCIDA	FERMENTACIÓN METANOGENICA
pH (T 20.2 °C)		8,11	6,9	7,77-8,26	7,55-8,29	8,18-8,58	6,3 – 7,9	6,1-5,5	8,0-8,5
Plomo (Pb)	mg/l	5,9	0,3	< 0,053	< 0,053	< 0,053	0 – 2,0	0,008-1,02	0,008-1,02
Mercurio (Hg)	mg/l	< 0,001	0,001				0,008	0,0002-0,061	0,0002-0,061
Zinc (Zn)	mg/l	0,591	1,5	0,597-0,698	0,307-0,406	0,086-0,119	25- 3,0	5,6-68,4 (113)	0,64-3,78
Hierro (Fe)	mg/l	40,2	0,5	33,59	5,78	4,32	7- 1,600	925-2120	15-29,3 (282)
Cadmio (Cd)	mg/l	< 0,017	0,15	<0,041	<0,041	<0,041	0 – 0,025	0,001-0,00629 (0,141)	0,001-0,00629 (0,141)

Fuente: ENVIROLAB S.R.L.-2015, RMCH-1995, Rivera-Lagua E.-2013, Úrdela Gonzales J.-1982, Hans-Jürgen Ehrig-1992, Elaboración Propia 2015.

Dónde:

- ✓ Valores en paréntesis, son de diferentes rellenos.
- ✓ **LJ** = Lixiviados Jóvenes, menores a 5 años.
- ✓ **LI** = Lixiviados Intermedios, de 5 a 15 años.
- ✓ **LM** = Lixiviados Maduros, mayores a 15 años.
- ✓ **T** = Temperatura de la muestra en °C.

La filas de color rojo donde se encuentran los parámetros del Plomo (Pb) y Hierro (Fe), con una concentración superior a los límites permisibles, automáticamente son elegidos para el análisis en los suelos, y por otro lado los parámetros de Mercurio (Hg), Zinc (Zn) y Cadmio (Cd), pese a que la concentración se encuentra por debajo de los límites permisibles, igualmente se eligieron para el respectivo análisis en los suelos de la quebrada de Buena Vista.

3.2 DETERMINANDO EL GRADO DE CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS

3.2.1 Resultados y Discusión del Contenido de Metales Pesados en los Suelos Muestreados.

Una vez enviado, procesado y obtenido los resultados del laboratorio de los diferentes parámetros solicitados para cada muestra se tiene los siguientes resultados:

TABLA 6 (III – 4)

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS 1, 2, Y 3.

				Código Laboratorio	1601 - 1	1601 - 2	1601 - 3
				Su referencia	M - 1	M - 2	M - 3
PARÁMETROS	UNIDAD	Límite de cuantificación	Método / Norma				
DATOS DE CAMPO							
Hora de muestreo				14:09	14:37	14:50	
Coordenadas del punto	UTM			379722 E, 7618456 N	379714 E, 7618340 N	379692 E, 7618313 N	
RESULTADOS							
pH en pasta a Temp. = 24,5 °C	Esc. pH	0,01		9,428	4,683	3,007	
Zinc	mg/kg	0,03	EPA 7951	5,79	1,66	<0,03	
Cadmio	mg/kg	0,02	EPA 7130	<0,02	<0,02	<0,02	
Hierro	mg/kg	0,03	EPA 7380	442	147	47,8	
Plomo	mg/kg	0,10	EPA 7420	1,25	<0,05	<0,05	
Mercurio®	mg/kg	0,002	EPA 7471 A	0,010	0,009	0,011	

Fuente: ENVIROLAB-2015.

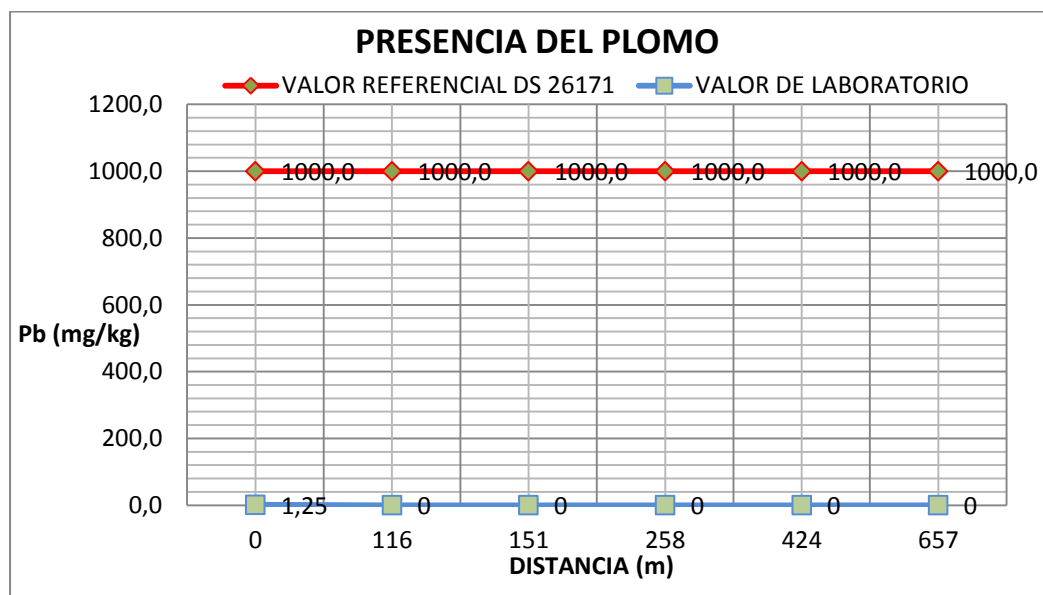
PARÁMETROS	UNIDAD	PARÁMETRO REFERENCIAL (DS 26171)	RESULTADO DE LABORATORIO					
			M1	M2	M3	M4	M5	M6
Hierro (Fe)	mg/kg	---	442	147	47,8	142	124	298
Plomo (Pb)	mg/kg	1000	1,25	<0,05	<0,05	<0,10	<0,10	<0,10
Mercurio (Hg)	mg/kg	---	0,010	0,009	0,011	0,010	0,011	0,010

Fuente: ENVIROLAB-2015, DS N° 26171 (del 4 de mayo del 2001, La Paz – Bolivia).

Considerando los parámetros referenciales, establecidos en el DS N° 26171 como **LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA SUELOS EN FUNCION AL USO ACTUAL O POTENCIAL** (Concentraciones en mg/Kg. de materia seca), donde hace una referencia a suelos de 0,0 a 1,5 m. de profundidad, y tomamos los parámetros establecidos en la columna para INDUSTRIAL/COMERCIAL, por la simple razón que se los suelos del área de estudio se encontrarían en esta categoría, ya que como principal fuente de contaminación se está hablando el Botadero Municipal de Entre Ríos, y por sus características descritas más adelante existen diferentes desechos domésticos, industriales y comerciales, mismos que no tienen ningún tratamiento. El único parámetro medido y que podemos encontrar entre los parámetros referenciales, es el Plomo (Pb), haciendo una comparación de forma general con todas las muestras analizadas los resultados están por muy debajo del límite permisible, además considerando el límite de cuantificación que es de 0,10 mg/kg, automáticamente nos hace suponer que en la quebrada de Buena Vista, no existe una presencia significativa del plomo, sin embargo es necesario resaltar la presencia de plomo en el punto M1, ya que los resultados nos indica que hay 1,25 mg en un kilo de suelo, este factor se atribuye a que el punto de muestreo se encuentra a la orilla del Botadero Municipal, y en esta fuente de contaminación existe presencia de pilas compuestas con plomo, baterías, aparatos electrónico, que al biodegradarse y con el apoyo del viento y/o agua son transportados las partículas a diferentes puntos. En conclusión como los resultados están por muy debajo del LMP, podemos indicar que existe presencia de plomo en menor cantidad en el lecho de la quebrada Buena Vista, por lo que se descartaría la contaminación del suelo por plomo.

GRÁFICA 1 (III – 1)

COMPARACIÓN GRÁFICA DEL VALOR DEL PLOMO CON EL LMP DEL D.S. 26171



Por otro lado, al no tener parámetros referenciales en las normas nacionales para poder realizar una comparación con los demás parámetros de los resultados del laboratorio, nos basaremos y compararemos con parámetros referenciales y/o límites máximos permisibles de otras normativas internacionales.

TABLA 9 (III – 6)

COMPARACIÓN CON LOS LMP ESTABLECIDOS POR CANADIAN ENVIRONMENTAL QUALITY GUIDELINES (EQG-SOIL).

PARÁMETROS	UNIDAD	PARÁMETRO REFERENCIAL Canadian Environmental Quality Guidelines (EQG-SOIL)	RESULTADO DE LABORATORIO					
			M1	M2	M3	M4	M5	M6
pH (T 24,5 °C)	Esc. pH	---	9,428	4,683	3,007	7,555	7,428	6,916
Zinc (Zn)	mg/kg	200	5,79	1,66	<0,03	<0,03	1,30	<0,03
Cadmio (Cd)	mg/kg	1.4	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Hierro (Fe)	mg/kg	---	442	147	47,8	142	124	298

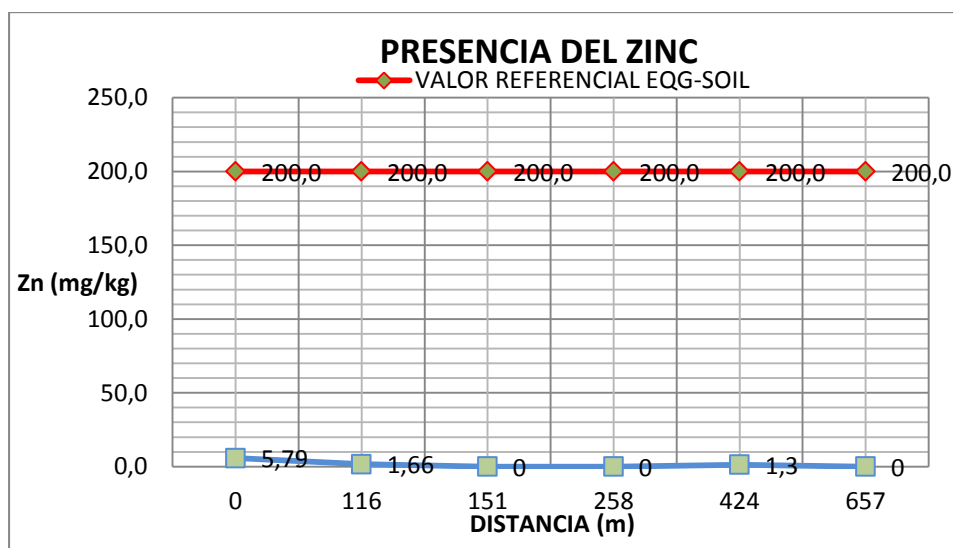
PARÁMETROS	UNIDAD	PARÁMETRO REFERENCIAL Canadian Environmental Quality Guidelines (EQG-SOIL)	RESULTADO DE LABORATORIO					
			M1	M2	M3	M4	M5	M6
Plomo (Pb)	mg/kg	70	1,25	<0,05	<0,05	<0,10	<0,10	<0,10
Mercurio (Hg)	mg/kg	---	0,010	0,009	0,011	0,010	0,011	0,010

Fuente: Walsh Perú-2010.

Según esta comparación, considerando los parámetros de Zinc (Zn) y Cadmio (Cd), haciendo un análisis de los resultados obtenidos en laboratorio, estos parámetros se encuentran por debajo de los parámetros referenciales. Si consideramos el límite de cuantificación de 0,03 mg/kg en el parámetro Zinc (Zn) en los puntos M3, M4, y M6 no hay presencia de este elemento en los suelos, Mientras que en los puntos M1, M2 y M5 existe presencia de Zn, en mínimas cantidades, que no supera los LMP, establecidos en CANADIAN ENVIRONMENTAL QUALITY GUIDELINES (EQG-SOIL).

GRÁFICA 2 (III – 2)

COMPARACIÓN GRÁFICA DEL VALOR DEL ZINC CON EL LMP DEL EQG-SOIL



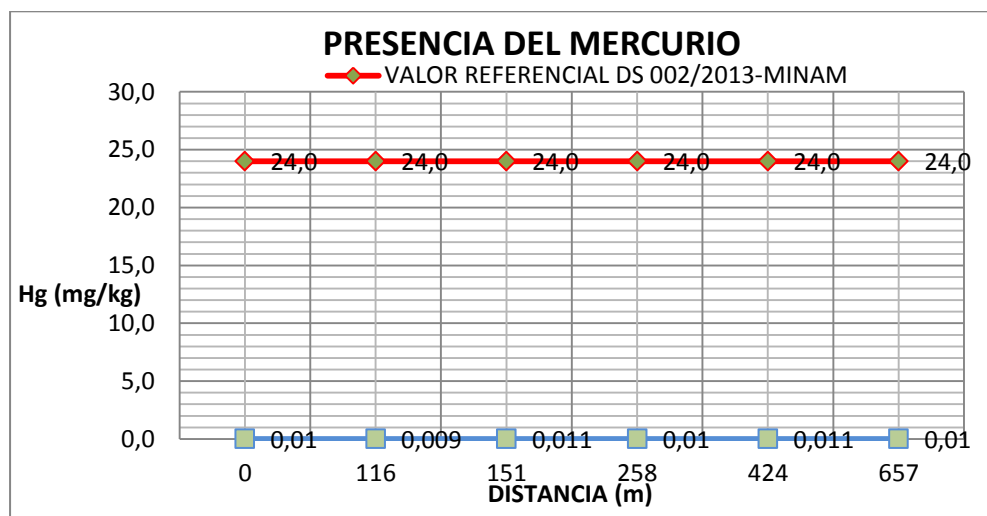
PARÁMETROS	UNIDAD	PARÁMETRO REFERENCIAL (DS N° 002-2013-MINAM)	RESULTADO DE LABORATORIO					
			M1	M2	M3	M4	M5	M6
pH (T 24,5 °C)	Esc. pH	---	9,428	4,683	3,007	7,555	7,428	6,916
Zinc (Zn)	mg/kg	---	5,79	1,66	<0,03	<0,03	1,30	<0,03
Cadmio (Cd)	mg/kg	22	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Hierro (Fe)	mg/kg	---	442	147	47,8	142	124	298
Plomo (Pb)	mg/kg	1200	1,25	<0,05	<0,05	<0,10	<0,10	<0,10
Mercurio (Hg)	mg/kg	24	0,010	0,009	0,011	0,010	0,011	0,010

Fuente: Decreto Supremo N° 002/2013-MINAM (25 de Marzo de 2013, Lima – Perú).

Según esta comparación los elementos químicos como el Cadmio (Cd) y el Plomo (Pb), de la misma manera que los resultados de los parámetros se encuentran por debajo de los LMP, eso simplemente ratifica al análisis hecho en la tabla 10, por más distinto que sea los parámetros de referencia.

GRÁFICA 4 (III – 4)

COMPARACIÓN GRÁFICA DEL VALOR DEL MERCURIO CON EL LMP DEL D.S. N° 002/2013-MINAM



Sin embargo si nos enfocamos en el Mercurio (Hg), podemos señalar que los resultados obtenidos en laboratorio de todas las muestras, sus valores se encuentran por debajo del parámetro referencial, pero considerando el límite de cuantificación de

0,002 mg/kg podemos indicar que hay un promedio de 0,010 mg en 1 kg de suelo, en cada uno de los puntos muestreados, es decir que hay presencia del mercurio en todo el tramo del lecho de la quebrada de Buena Vista, por lo tanto se descarta que exista contaminación del suelo por la presencia de mercurio.

Por ultimo realizaremos la comparación con los LMP establecidos en el REAL DECRETO 1310/1990 DE 29 DE OCTUBRE, POR EL QUE SE REGULA LA UTILIZACIÓN DE LOS LODOS DE DEPURACIÓN EN EL SECTOR AGRARIO y COMUNIÓN ECONÓMICA EUROPEA (1986). Esta comparación conjunta se lo realiza por la semejanza que establece sus parámetros de referencia para los metales pesados como el Cadmio (Cd), Plomo (Pb) y Mercurio (Hg).

TABLA 11 (III – 9)
COMPARACIÓN CON LOS LMP ESTABLECIDOS POR EL REAL
DECRETO 1310/1990.

PARÁMETROS	UNIDAD	PAR		RESULTADO DE LABORATORIO					
		METRO REFERENCIAL (REAL DECRETO 1310/1990)		M1	M2	M3	M4	M5	M6
pH (T 24,5 °C)	Esc. pH	<7	>7	9,428	4,683	3,007	7,555	7,428	6,916
Zinc (Zn)	mg/kg	150,0	450,0	5,79	1,66	<0,03	<0,03	1,30	<0,03
Cadmio (Cd)	mg/kg	1,0	3,0	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Hierro (Fe)	mg/kg	---		442	147	47,8	142	124	298
Plomo (Pb)	mg/kg	50,0	300,0	1,25	<0,05	<0,05	<0,10	<0,10	<0,10
Mercurio (Hg)	mg/kg	1,0	1,5	0,010	0,009	0,011	0,010	0,011	0,010

Fuente: Real Decreto 1310/1990 de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario.

TABLA 12 (III – 10)
COMPARACIÓN CON LOS LMP ESTABLECIDOS POR LA COMUNIÓN
ECONÓMICA EUROPEA (CEE-1986).

PARÁMETROS	UNIDAD	PARÁMETRO	RESULTADO DE LABORATORIO
------------	--------	-----------	--------------------------

		REFERENCIAL (Comunidad Económica Europea)	M1	M2	M3	M4	M5	M6
pH (T 24,5 °C)	Esc. pH	---	9,428	4,683	3,007	7,555	7,428	6,916
Zinc (Zn)	mg/kg	---	5,79	1,66	<0,03	<0,03	1,30	<0,03
Cadmio (Cd)	mg/kg	1 – 3	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Hierro (Fe)	mg/kg	---	442	147	47,8	142	124	298
Plomo (Pb)	mg/kg	50 – 300	1,25	<0,05	<0,05	<0,10	<0,10	<0,10
Mercurio (Hg)	mg/kg	1 – 1,5	0,010	0,009	0,011	0,010	0,011	0,010

Fuente: Comunidad Económica Europea - 1986.

Considerando y analizando el Zinc (Zn) en el parámetro referencial del REAL DECRETO 1310/1990, los resultados de todas las muestras se encuentra por muy debajo de los LMP, mismo que corrobora al análisis hecho de la tabla 11.

Independientemente del factor Ph, los resultados obtenidos para los metales pesados Cadmio (Cd), Plomo (Pb), y Mercurio (Hg), estos no superan el LMP en comparación con los parámetros referenciales del REAL DECRETO 1310/1990 DE 29 DE OCTUBRE, POR EL QUE SE REGULA LA UTILIZACIÓN DE LOS LODOS DE DEPURACIÓN EN EL SECTOR AGRARIO y COMUNIÓN ECONÓMICA EUROPEA (1986), esto permite unificar el criterio que se estableció de la tabla 12. Llegando a la conclusión que ninguno de los cuatro elementos (Zn, Cd, Pb, y Hg) analizados, sobrepasan los límites permisibles, pero si se evidencia la presencia de Zinc (Zn), Plomo (Pb) y Mercurio (Hg), en cantidades muy despreciables, como la presencia de estos metales pesados no se aproxima ni mucho menos sobre pasa los LMP, en relación a los parámetros referenciales de los diferentes estándares de calidad del suelo, podemos señalar que no existe contaminación del suelo a lo largo del lecho de la quebrada de Buena Vista.

3.3 EVALUACIÓN DE LA PONDERACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

En base al cuadro N° 12 (Ponderación de los Impactos) además considerando la descripción y análisis en los acápite 3.1. y 3.2. estableceremos la ponderación de los impactos ambientales causado por la presencia de los metales pesados en el lecho de

la quebrada buena vista que inicia en cercanías al Botadero Municipal y que esta finaliza en la intersección con el Río Salinas.

CUADRO 134 (III - 3)

PONDERACIÓN DE LOS IMPACTOS SEGÚN ESTUDIO

	PASO 1 CLASIFICACIÓN PRIMARIA	PASO 2 CLASIFICACIÓN SECUNDARIA	PASO 3 PONDERACIÓN	OBSERVACIONES																	
I M P A C T O	Positivo	<table border="1"> <tr> <td>Directo</td> <td>Indirecto</td> </tr> <tr> <td>Permanente</td> <td>Temporal</td> </tr> <tr> <td>Extenso</td> <td>Localizado</td> </tr> <tr> <td>Próximo</td> <td>Alejado</td> </tr> <tr> <td>Reversible</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Recuperable</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Acumulativo</td> <td></td> </tr> </table>	Directo	Indirecto	Permanente	Temporal	Extenso	Localizado	Próximo	Alejado	Reversible		Recuperable		Acumulativo		<table border="1"> <tr> <td>Alto</td> </tr> <tr> <td>Medio</td> </tr> <tr> <td>Bajo</td> </tr> </table>	Alto	Medio	Bajo	La ponderación que se haga deberá estar apropiadamente sustentada. Por ejemplo estableciendo mediciones de la (s) variable (s) para el atributo en cuestión, bajo la condición actual (sin proyecto) y a través de proyecciones para la condición futura (con proyecto)
	Directo	Indirecto																			
Permanente	Temporal																				
Extenso	Localizado																				
Próximo	Alejado																				
Reversible																					
Recuperable																					
Acumulativo																					
Alto																					
Medio																					
Bajo																					
Negativo	<table border="1"> <tr> <td>Directo</td> <td>Indirecto</td> </tr> <tr> <td>Permanente</td> <td>Temporal</td> </tr> <tr> <td>Extenso</td> <td>Localizado</td> </tr> <tr> <td>Próximo</td> <td>Alejado</td> </tr> <tr> <td>Reversible</td> <td>Irreversible</td> </tr> <tr> <td>Recuperable</td> <td>Irrecuperable</td> </tr> <tr> <td>Acumulativo</td> <td></td> </tr> </table>	Directo	Indirecto	Permanente	Temporal	Extenso	Localizado	Próximo	Alejado	Reversible	Irreversible	Recuperable	Irrecuperable	Acumulativo		<table border="1"> <tr> <td>Alto</td> </tr> <tr> <td>Medio</td> </tr> <tr> <td>Bajo</td> </tr> </table>	Alto	Medio	Bajo	La ponderación que se haga deberá estar apropiadamente sustentada. Por ejemplo estableciendo mediciones de la (s) variable (s) para el atributo en cuestión, bajo la condición actual (sin proyecto) y a través de proyecciones para la condición futura (con proyecto)	
Directo	Indirecto																				
Permanente	Temporal																				
Extenso	Localizado																				
Próximo	Alejado																				
Reversible	Irreversible																				
Recuperable	Irrecuperable																				
Acumulativo																					
Alto																					
Medio																					
Bajo																					

En el anterior cuadro las casillas de color verde nos indica la ponderación correspondiente a la presencia de los metales pesados en el lecho de la quebrada Buena Vista, según nuestros resultados de laboratorio, tanto de lixiviados y suelos, después del respectivo análisis realizados a ambos factores se determina que en el factor suelo existe presencia de metales pesados, si bien estos resultados no sobre

pasan los Límites Máximos Permisibles de las diferentes normativas aplicadas en el acápite 3.2., eso no quiere decir que la presencia de estos metales es natural, ya que bien describimos que aguas arriba de la mencionada quebrada existe un Botadero de Residuos Sólidos, donde se depositan todos los desechos de toda la población de Entre Ríos, sin ningún previo tratamiento, eso significa que de cierta manera y con la ayuda de diferentes factores como la escorrentía de los lixiviados y las aguas provenientes de lluvia, la biodegradación de los diversos materiales como chatarra, aparatos electrónicos y eléctricos, estos factores permiten que las trazas de metales pesados que se desprenden y sean transportados por gravedad aguas abajo, es por ello que se explica la presencia de los metales pesados como Zn, Cd, Fe, Pb, y Hg, a lo largo de la zona de estudio. Por lo señalado y considerando los resultados de laboratorio, la presencia de estos metales pesados en nuestra zona de estudio es NEGATIVO, con respecto a la clasificación secundaria se deduce que el impacto es DIRECTO, debido que el botadero aporta directamente estos residuos de metales pesados a la quebrada, considerando para este caso todos los factores señalados anteriormente. Por otro lado el impacto se considera PERMANENTE por debido que la presencia de estos metales pesados se encuentra a lo largo de todo el lecho de la quebrada de Buena Vista, considerando los 18 años de vida del botadero, la presencia de los metales y que esta disminuye paulatinamente a lo largo del recorrido, por último señalar que este botadero está vigente y es el único punto de disposición de los residuos sólidos de toda la población de Entre Ríos, Chiang (1989) afirma que los metales pesados como el Pb, Fe, Cu, Zn, As, Cr, Cd, Mg, y algunos reactivos químicos utilizados en las plantas de tratamiento de minerales, en el corto plazo no se degradan, biológica ni químicamente en la naturaleza; por lo que son considerados tóxicos para la mayor parte de organismos.

Otra clasificación Secundaria es EXTENSO y ACUMULATIVO, por la razón que la presencia de los metales pesados está a lo largo de la quebrada Buena Vista, si bien se puede evidenciar que en la parte inferior a la altura de la intersección de la quebrada con el Río Salina, la presencia de los metales pesados es reducida con relación al primer punto de muestreo, esto nos indica que a lo largo de estos últimos años el

transporte y la acumulación ha sido continuo, eso no descarta que estos metales hayan llegado al Río Salinas y con ese caudal que llega se presume que los metales pesados presentes en el suelo hayan sido transportados aguas abajo.

Tomado en cuenta lo descrito anteriormente, se le asigna una PONDERACIÓN MEDIA, debido a la presencia de estos metales pesados en el lecho de la quebrada Buena Vista, ya que la presencia significa un riesgo a la salud de los animales domésticos como vacunos, porcinos, caprinos, ya que estos de cierta manera ingieren agua y alimentos de la quebrada, especialmente los porcinos en la quebrada hacen de lo suyo en las zonas de acumulación a lo largo de la quebrada, de esta manera entra a la cadena trófica, y por ende afecta a la salud humana en caso de que estos animales contengan metales pesados y entren al mercado para consumo humano, de lo que estamos seguros que estos metales pesados son transportados por la acción hídrica por todo el largo de la quebrada hasta llegar al Río Salinas y por ende estos siguen siendo transportados aguas abajo.

3.4 PROPONER LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN, DE ACUERDO A LOS ANÁLISIS Y RESULTADOS DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN DEL SUELO

Desacuerdo al análisis del segundo objetivo específico donde propone determinar el grado de contaminación del suelo se pudo verificar que los resultados de los parámetros encontrados en el laboratorio no superan los límites máximos permitidos por lo que no se propone las medidas de mitigación para la recuperación del suelo o lecho de quebrada en estudio, sin embargo podemos proponer algunas medidas correctivas para no llegar o superar los límites máximos permisibles de los parámetros en estudio, siendo los siguientes aspectos.

- Adecuar los canales existentes para que conduzcan los lixiviados a la pequeña planta de tratamiento que se tiene en la actualidad.
- Acondicionamiento e impermeabilización de la planta de los lixiviados, o construcción de otra planta.
- Controlar o desviar las escorrentías de las lluvias.

- Realizar un máximo aprovechamiento de los residuos metálicos, comercializándolos a las plantas recicladoras del mismo.
- Así también los Residuos de Aparatos Electrónicos y Electrodomésticos, disponerlos en sitios o celdas separadas, o por último, disponerlos en planta de acopio de residuos peligrosos BOLREC con la que se cuenta en la ciudad de Santa Cruz.

Sin embargo, al no cumplir las condiciones técnicas y sanitarias el botadero municipal de Entre Ríos, debería inmediatamente, el Gobierno Autónomo Municipal de Entre Ríos, elaborar y ejecutar un Plan de Cierre y Abandono, más El Plan de Restauración para el sitio señalado, tomando en cuenta la medidas pertinentes para evitar daños al medio ambiente y conflictos sociales, pero también somos conscientes que por el momento no se podrá realizar por que aún no está en construcción un nuevo relleno sanitario.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES.

Al concluir este trabajo de investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- 1) El trabajo de muestreo y análisis de los lixiviados permitió identificar de manera más precisa a los parámetros del Plomo (Pb) y Hierro (Fe), que contenían una concentración superior a los límites permisibles, establecidos en el RMCH, es decir la concentración de estos parámetros está encima de lo permitido en descarga de aguas a cualquier tipo de afluente, por lo tanto automáticamente fueron elegidos para el análisis en los suelos, y por otro lado los parámetros de Mercurio (Hg), Zinc (Zn) y Cadmio (Cd), pese a que la concentración se encuentra por debajo de los límites permisibles, igualmente se eligieron para el respectivo análisis en los suelos de la quebrada de Buena Vista. En síntesis 5 parámetros se tomaron de un total de 8 parámetros analizados, los 3 parámetros que se descartaron son el Cromo, Arsénico y Magnesio, por estar por muy debajo del límite permisible. Además aclarar no se planteó en los objetivos, el muestreo y análisis de los lixiviados pero al desarrollar el trabajo de campo se optó por realizarlo con la finalidad de garantizar de manera objetiva la selección de los parámetros para el análisis de los suelos.
- 2) La presencia de los metales pesados (Zn, Cd, Fe, Pb, y Hg) en nuestra área de estudio, todos los valores en cada uno de los parámetros se encuentran por debajo de los LMP, por lo tanto el grado de contaminación de la quebrada Buena Vista es DESPRECIABLE, pero eso no significa que no deba ser de atención y preocupación por la sociedad y autoridades locales, ya que a la larga puede ser una amenaza a la salud humana, puesto que hoy en día está presente en el suelo, contaminando sus propiedades físicas y químicas.
- 3) En cumplimiento al tercer objetivo secundario, acerca de la ponderación del impacto que está causando sobre los suelos, se considera por tan solo la

presencia de los metales pesados (Zn, Cd, Fe, Pb, y Hg), aunque los valores en cada uno de los puntos de muestreo y de cada parámetro estén por debajo de los LMP, la clasificación primaria es NEGATIVO y como resultado del análisis recibe una clasificación secundaria de DIRECTO, PERMANENTE, EXTESO y ACUMULATIVO, por último se le asigna una ponderación MEDIA ya que el impacto al factor suelo no es de gran magnitud, sin embargo eso no quiere decir que estos elementos no estén entrando a la cadena trófica, y de esta manera pudieran afectar a la salud humana.

- 4) Por último debemos señalar que se plantearon medidas de corrección, ya que no corresponde plantear medidas de mitigación, porque la presencia de los metales en estudio no sobre pasan los Límites Máximos Permisibles.

4.2.RECOMENDACIONES.

Hago notar las siguientes recomendaciones:

- 1) Antes de poder realizar el análisis de los suelos en un determinado lugar, primeramente es necesario identificar las fuentes de contaminación, en caso de existir en lo posible hacer un análisis químico general de las misma, esto permitirá, al muestreador o técnico de campo, definir de manera precisa y objetiva todos los parámetros que se encuentren fuera del límite permisible, de esta manera lograra ahorrar tiempo y abaratar sus costos.
- 2) El grado de contaminación puede ser SIGNIFICATIVO, si los valores de los parámetros analizados superan los LMP, DESPRECIABLE, si los valores de los parámetros analizados se encuentran por debajo de los LMP y por último NULO, siempre y cuando no exista presencia de los parámetros analizados. Por último podemos recomendar que la presencia de los metales pesados en el factor suelo no es suficiente para poder determinar si esto está afectando a la salud humana, por lo que se recomienda realizar un estudio de presencia de metales pesados en los animales presentes en el Botadero Municipal, hablamos de las especies vacunos, porcinos y caprinos.

- 3) Para tener un mejor criterio técnico y determinar la ponderación del impacto ambiental, se recomienda realizar un análisis integral, es decir que se deben de considera todos los factores ambientales como ser aire, agua, suelo, ecológico, socioeconómico, de esta manera se puede concluir una ponderación al impacto ambiental que está causando el Botadero Municipal de Entre Ríos, sin embargo este estudio permitió calificar el factor suelo.
- 4) Las autoridades locales del Municipio de Entre Ríos deben tomar acciones inmediatas, tales como la aplicación de medidas de corrección, y la elaboración y posterior ejecución de los Planes de Cierre y Abandono, más el Plan de Restauración del botadero municipal, paralelamente se debe ubicar un nuevo sitio para la construcción del Relleno Sanitario, en cumplimiento de la normativa Ley N° 755 Gestión Integral de Residuos Sólidos.