



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

TESIS

**“DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN LIXIVIADOS
GENERADOS EN EL BOTADERO MUNICIPAL DE LA
CIUDAD DE JUANJUI, PROVINCIA DE MARISCAL
CÁCERES, REGIÓN SAN MARTÍN-2016”**

PRESENTADO POR:

Cotrina Valles Maria Elena

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERIA
AMBIENTAL**

TARAPOTO-PERU

2016

DEDICATORIA

A Dios y a mi bisabuelita, quien desde el cielo guía mi camino.

A mis padres, que han sido el impulso durante toda mi carrera y el pilar principal para la culminación de la misma y en mi vida, con mucho amor y cariño, les dedico todo mi esfuerzo, en reconocimiento a todo el sacrificio puesto para que yo pueda estudiar, se merecen esto y mucho más.

A mi abuelita Carmen que con su amor y enseñanza ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha permitido salir adelante buscando siempre mi superación personal.

AGRADECIMIENTOS

Mis más sincero agradecimiento a mis educadores, quienes son un ejemplo de una combinación de saberes y disposiciones, de un modo singular de transmisión de conocimiento. Gracias por el rigor, la inspiración y el ejemplo intelectual, la guía espiritual y la comprensión en todas las esferas de la vida. El trabajo intelectual y la vida es un conjunto de encuentros.

Agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

INDICE

	Pág.
PORTADA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
INDICE.....	iv
Lista de Tablas.....	vii
Lista de Figuras.....	viii
Lista de Gráficos.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPITULO I: PROBLEMA.	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Formulación del problema	2
1.2.1 Problema general	2
1.2.2 Problemas específicos	2
1.3. Objetivo: general y específico	3
1.3.1. Objetivos específicos	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Justificación	3
CAPITULO II: MARCO TEORICO	5
2.1. Antecedentes	5
2.2 Bases teóricas y bases legales	7
2.2.1 Bases teóricas	7
2.2.2. Bases legales	29
2.3 Hipótesis	30
2.3.1 Hipótesis general	30

	Pág
2.3.2 Hipótesis específicas	30
2.4 Definición de términos	30
2.5 Identificación de variables	39
2.6 Definición operativa de variables e indicadores	40
CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	41
3.1 Ámbito de estudio	41
3.2 Tipo de Investigación	43
3.3. Nivel de Investigación	43
3.4 Método de Investigación	43
3.5 Diseño de Investigación	45
3.6 Población, muestra, muestreo	45
3.7 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	46
3.7.1 Técnicas de Recolección de Datos	46
3.7.2 Instrumentos de Recolección de datos	47
3.8 Procedimiento de Recolección de Datos	48
3.9 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	50
CAPITULO IV: RESULTADOS	51
4.1 Presentación de resultados	51
4.2 Discusión	57
CONCLUSIONES	58
RECOMENDACIONES	59
REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS	60
ARTICULO CIENTIFICO	63
ANEXOS	70

LISTA DE TABLAS Y CUADROS

Pág.

Tabla 1: Composición de lixiviado de rellenos sanitarios fases Acética y Metanogénicas	13
Tabla 2: Área superficial típica de minerales del suelo	28
Tabla 3: Resultados del análisis n° 01, fecha 06-setiembre-2016, época de estiaje	52
Tabla 4: Resultados del análisis N° 02, Fecha 08-October-2016. Época de Escorrentía.	53
Tabla 05: Identificación de metales pesados en los lixiviados	54
Cuadro 1: Ecotoxicología del cadmio	35
Cuadro 2: Ecotoxicología del Cobre.....	35
Cuadro 3: Ecotoxicología del Cromo	36
Cuadro 4: Ecotoxicología del Mercurio.....	36
Cuadro 5: Ecotoxicología del Níquel	37
Cuadro 6: Ecotoxicología del Plomo	37
Cuadro 7: Ecotoxicología del Zinc	38
Cuadro 8: Operacionalización de variables	40

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Mapa del punto de ubicación del Botadero municipal de la ciudad de Juanjui, provincia de MRISCAL Cáceres, Región San Martín, 2016.....	42
Figura 2: Imagen tomando el punto de muestreo en época de sequía en el Botadero Municipal de la ciudad de Juanjuí Vista de <i>Bacillus thuringiensis</i> en el microscopio de contraste de fase.....	71
Figura 3: Imagen tomando el punto de muestra el Botadero Municipal de la ciudad de Juanjuí, en época de escorrentía.....	71
Figura 4: Imagen de la muestra de los lixiviados producidos en el botadero municipal de la ciudad de Juanjuí.....	72
Figura 5: Muestra en época de escorrentía de los lixiviados del botadero municipal de la ciudad de Juanjuí.....	72
Figura 6: Riachuelo que se forma en época de escorrentía, cerca al botadero municipal de la ciudad de Juanjuí.....	73

LISTA DE GRÁFICOS

Pág.		
	GRAFICO 01: Balance de agua en un relleno sanitario.	16
	GRAFICO 02: Comparación de los valores obtenidos en los análisis en época de Estiaje y de Escorrentía para el metal pesado ANTIMONIO con la ECA para la calidad ambiental de agua	53
	GRAFICO 03: Comparación de los valores obtenidos en los análisis en época de Estiaje y de Escorrentía para el metal pesado ARSÉNICO con la ECA para la calidad ambiental de agua.....	54
	GRAFICO 04: Comparación de los valores obtenidos en los análisis en época de Estiaje y de Escorrentía para el metal pesado CADMIO con la ECA para la calidad ambiental de agua	54
	GRÁFICO 05: Comparación de los valores obtenidos en los análisis en época de Estiaje y de Escorrentía para el metal pesado CROMO con la ECA para la calidad ambiental de agua y 100 ppm a las 4 horas.....	55
	GRÁFICO 06: Comparación de los valores obtenidos en los análisis en época de Estiaje y de Escorrentía para el metal pesado NÍQUEL con la ECA para la calidad ambiental de agua.....	55
	GRÁFICO 07: Comparación de los valores obtenidos en los análisis en época de Estiaje y de Escorrentía para el metal pesado PLOMO con la ECA para la calidad ambiental de agua	56

RESUMEN

La generación de lixiviados en los rellenos sanitarios y botaderos afecta en forma directa al medio ambiente por sus componentes, de tal manera que la prevención o minimización de la contaminación es de suma importancia de cada gobierno local; y deben realizar estudios y evaluar constantemente mediante planes de gestión ambiental, ya que por los involucrados directamente.

Se realizó los análisis para la determinación de metales pesados en el lixiviado generados en el botadero municipal de la ciudad de Juanjui, Provincia de Mariscal Cáceres de la Región San Martín en el año 2016, en la época de estiaje y escorrentía.

Luego de la determinación de la presencia de metales pesados en el botadero, se recomienda a la autoridad local formulen el plan de cierre, por ser un peligro latente a la contaminación del agua, suelo y atmósfera más aun a la población circundante se precisa que debe evaluarse años a año y adecuar un plan de manejo de residuos sólidos urbano debido a su incremento y por ende la generación de los lixiviados va en aumento.

Palabras clave: Lixiviado, Metales Pesados, Niveles de Concentración, Contaminación, Límites Máximos Permisibles, Medio Ambiente, Estándares de Calidad Ambiental.

ABSTRACT

The generation of lixiviates in the landfill sites and dumpings affect in direct way to the environment for their components, so the prevention or minimization of contamination is of major importance of each local government; they should accomplish studies and evaluating constantly by means of plans of environmental gestion, since for the implicated directly.

It carried on the analysis for the determination of heavy metals in the lixiviates generated in the municipal dumping of the city of Juanjui, Mariscal Cáceres Province of the Region San Martin in the year 2016, in the period of low water and run-off.

After the determination of the presence of heavy metals in the dumping, it is recommended to the local government formulate the final plan, in order to be an imminent danger to the water pollution, soil and atmosphere; more even, to the surrounding population It is described in detail that it should be evaluated year by year and making a plan of urban solid waste management due to its increment and whereby the generation of the lixiviates goes on the rise.

Keywords: Lixiviates, Heavy metal, Levels of concentration, Pollution, Maximum Permissible limits, Environment, Environmental Quality Standards.

INTRODUCCIÓN

La basura que generamos diariamente es un reflejo de nuestra sociedad, de nuestro estilo de vida, costumbres y conciencia ecológica y es por tanto tan diversa como nuestras comunidades (Cossu, 2009). La producción de basura no fue un tema de preocupación cuando nuestra población era relativamente pequeña y nómada. Sin embargo, en la actualidad nuestro crecimiento poblacional y desarrollo tecnológico han cambiado dicha situación, al punto que la disposición de las basuras es un tema de vital importancia en nuestro planeta. A pesar que la información sobre producción de residuos a niveles locales y globales es incompleta, se estima que hacia el año 2000, la producción mundial de residuos sólidos sobrepasó dos billones de toneladas al año. Las dimensiones del problema se ejemplifican muy bien en el caso de Estados Unidos, donde en el 2006 se estimó una producción de 228 millones de toneladas de residuos sólidos, o más de 0.7 ton/persona/año (EPA, 2008; Gusta, 2009).

Los basureros, muchos localizados cerca de cuerpos de agua o establecidos sin las consideraciones técnicas adecuadas en cualquier espacio disponible, han sido asociados con problemas de salud pública y detrimento ambiental. Esto obedece a que tanto en los botaderos a cielo abierto, como en los rellenos sanitarios, se acumulan altas cantidades de desechos y contaminantes orgánicos e inorgánicos y además se presentan condiciones que favorecen la reproducción de moscas y mosquitos quienes actúan como vectores de varias enfermedades que afectan la salud humana, (Vrijheid, 2000).

Dentro de los contaminantes presentes en los botaderos y rellenos sanitarios se encuentran los metales pesados, elementos metálicos con densidad mayor a 6g/cm^3 , ampliamente reconocidos por sus efectos adversos sobre el ambiente y la salud de la población. Los metales pesados contaminan las fuentes de agua y los suelos entre otros componentes del ambiente, se transfieren a las plantas y animales y por consiguiente entran y se acumulan en la red alimenticia (World Health Organization 2000, y World Health Organization 2007).

CAPITULO I: PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los problemas más graves relacionados con el manejo de los residuos sólidos en el Perú es su disposición final. Es común observar que las ciudades, aunque tengan un apropiado sistema de recolección de residuos sólidos, disponen sus residuos en los ríos, el mar, las quebradas y botaderos. La práctica de disponer los residuos en lugares abiertos, comúnmente denominados "botaderos", es altamente nociva para el ambiente y pone en grave riesgo la salud de la población.

El manejo de los residuos sólidos en muchos municipios del Perú se limita arrojarlos en las afueras de las poblaciones, u ocultándolos en forma inadecuada al enterrarlos sin ningún criterio técnico. El municipio de la ciudad de Juanjuí no escapa a la realidad de los mismos, puesto que la disposición final de sus residuos se reduce a un botadero a cielo abierto lo que representa un problema de salud pública, así como también afecta el ambiente del área de influencia del mismo a pesar de su relativa distancia.

El efecto ambiental que causa el botadero a cielo abierto existente en la ciudad de Juanjuí, Provincia de Mariscal Cáceres, Departamento de San Martín, es compleja, los efectos más notorios son: la proliferación de malos olores, generación de agentes como moscas, roedores, aves de rapiña, impacto visual en el sector, la contaminación de las fuentes de aguas superficiales y subterráneas y de suelos por los lixiviados generados en el botadero.

La relación entre salud pública y el almacenamiento, recolección y disposición final inapropiados de residuos sólidos está muy clara, motivo por el cual, las autoridades locales, están buscando dar solución a este problema, por el bienestar de su población y la minimización de impactos en el ambiente.

Actualmente los lixiviados provenientes del botadero discurren hacia la parte baja por las condiciones topográficas y que los lixiviados afectan directamente a las personas que viven en los alrededores, contaminando su entorno y posiblemente el agua, además existe un riachuelo que se encuentra en la parte baja al botadero y en épocas de lluvia, esto llega a poseer caudal.

La finalidad de este estudio es determinar la presencia de metales pesados en el lixiviado proveniente del botadero de la ciudad de Juanjuí, Provincia de Mariscal Cáceres, así mismo la presencia de los mismos se estaría afectando la calidad del suelo, extensión y grado de contaminación; así como contribuir con el Municipalidad Provincial de Juanjuí para que pueda establecer las acciones correctivas necesarias que permitan controlar y mitigar el avance de este proceso de contaminación para proteger los suelos aledaños al botadero de Juanjuí.

1.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuál será la determinación de los metales pesados generados en los lixiviados en el botadero municipal de la ciudad de Juanjuí?

1.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS

- ¿Qué tipo de contaminación al suelo ocasionado por los metales pesados generados en el lixiviado existe en las áreas aledañas al botadero municipal de la ciudad de Juanjuí?
- ¿Qué metales pesados generados en el lixiviado en el botadero contaminan el suelo de las áreas aledañas al botadero municipal de la ciudad de Juanjuí?
- ¿Cuál será la contaminación al agua del riachuelo ocasionado por los metales pesados en los lixiviados del botadero municipal de la ciudad de Juanjuí?

1.3 OBJETIVO: GENERAL Y ESPECIFICO

1.3.1 OBJETIVO GENERAL:

- Determinar los metales pesados generados en los lixiviados en el botadero municipal de la ciudad de Juanjuí.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Identificar el tipo de contaminación al suelo ocasionado por los lixiviados en las áreas aledañas al botadero municipal de la ciudad de Juanjuí.
- Determinar los metales pesados en los lixiviados que contaminan al suelo de las áreas aledañas al botadero municipal de la ciudad de Juanjuí.
- Determinar la contaminación del riachuelo por los metales pesados generados en los lixiviados del botadero municipal de la ciudad de Juanjuí.

1.4 JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación se justifica porque uno de los problemas ambientales que enfrenta la ciudad de Juanjuí es el de los residuos sólidos. El manejo inadecuado de estos especialmente en la disposición final en el botadero trae como consecuencias: contaminación del aire por la producción de olores desagradables y la quema de los residuos sólidos, contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, aumento de vectores de enfermedades tales como moscas, zancudos, roedores, alteración de la calidad de los suelos debido a que contaminan con sustancias químicas o subproductos tóxicos de la materia orgánica que no puede ser degradada por el medio debido a la cantidad exagerada de estos, a esto se suma los agentes patógenos, provenientes del hospital y centros de salud y que pueden sobrevivir en suelos ricos en materia orgánica.

Del botadero discurren lixiviados hacia áreas aledañas destinadas al cultivo de cítricos y vegetales de tallo bajo, además existe un riachuelo que se encuentra en la parte baja al botadero y en épocas de avenida, esto llega a poseer caudal.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES:

Históricamente y por muchos siglos, la basura producida se depositaba en botaderos a cielo abierto, aprovechando para esto, espacios tales como valles, cuerpos de agua y regiones desérticas cercanas a los centros urbanos. Esta práctica pronto fue relacionada con algunos problemas de salud, condición que se acentuaba a medida que la población crecía, el espacio disponible era menor y la producción de desechos aumentaba vertiginosamente. En respuesta a los problemas generados por la disposición de los desechos, se fueron incorporando técnicas de manejo como la incineración, la producción de compost y el establecimiento de cubiertas para reducir la dispersión de agentes patógenos y contaminantes. Como resultado de la implementación de dichas técnicas, se ha llegado a la conformación de lugares denominados rellenos sanitarios en los que se pretende reducir el nivel de amenaza inherente a la operación de estos sitios mediante su tecnificación (Tammemagi, 1999). Sin embargo, la puesta en marcha de los rellenos sanitarios ha sido incorporada con diferente intensidad en las diferentes regiones. Por ejemplo, en el Reino Unido y Estados Unidos, ya se contaba con rellenos sanitarios desde los años 1930 y 1940.

En nuestros días, el manejo integral de los residuos sólidos ocupa un renglón de gran importancia en la economía de los países, especialmente en aquellos industrializados. Sin embargo, estos lugares continúan representando un reto global debido al incremento de la población, el alto índice de urbanización e industrialización y por tanto el alto volumen de basuras producido continuamente en nuestros orbes (Hazra y Goel, 2009).

Los botaderos y rellenos sanitarios se caracterizan por su composición heterogénea, como consecuencia de la disposición y descomposición de basuras de diferente origen y la presencia de un amplio rango de moléculas

naturales y xenobióticas (**Nagendran et al., 2006**). Estos lugares presentan un alto nivel de contaminación, reduciendo la calidad de vida de los habitantes a su alrededor y presentando diversos impactos negativos entre los que se citan la generación y escape incontrolados de lixiviados, la reproducción de vectores sanitarios, la falta de estabilidad geotécnica y cambios en la composición de la flora y la fauna. Dichas condiciones hacen necesario el monitoreo constante de parámetros tales como: pH, conductividad eléctrica, contenido de metales pesados y materia orgánica, entre otros.

Es creciente la preocupación mundial en cuanto a la situación actual del medio ambiente si consideramos algunos indicadores ambientales, económicos y sociales, uno de ellos es la gran generación de basura y por ende la de los lixiviados en los diferentes centros de acopio de basura. Para evitar que se siga con estos problemas es importante crear políticas, propuestas y alternativas de desarrollo social que puedan incorporarse en el ámbito sustentable (**Bautista et al, 2012**)

La tesis "Relleno Sanitario Y Tratamiento de Aguas Lixiviadas para El Cantón Santa Clara Provincia de Pastaza" de Carolina Alexandra León Burgos (2005) nos brinda útiles conclusiones como: El mal tratamiento de las aguas lixiviadas provoca contaminación en grandes magnitudes produciendo un deterioro considerable del suelo, lo que causa gigantescos problemas de contaminación de aguas subterráneas. Con el transcurso del tiempo el clima, las condiciones de vida de la población van cambiando por lo tanto existirán variaciones en cantidades de desechos sólidos por lo cual habrá que realizarse estudios para rediseñar las celdas de disposición final de los mismos.

Contaminación por metales pesados en el botadero de basuras de Moravia en Medellín: transferencia a flora y fauna y evaluación del potencial fitorremediador de especies nativas e introducidas (Pontificia Universidad Javeriana, Trabajo de Grado María Solange Sánchez Pinzón 2010).

Los objetivos del presente trabajo se centraron en la caracterización de la fauna y flora presente en el cerro de basuras, la determinación del nivel de contaminación por metales pesados (MP) en la matriz de residuos (MR), en las muestras de tejidos vegetales de plantas espontaneas y cultivadas en el cerro de basuras así como la determinación de MP en tejidos de artrópodos y ratones habitantes del cerro. Finalmente, se llevó a cabo la evaluación in situ del desempeño biológico y potencial fitorremediador de *Bidens pilosa*, *Lepidium virginicum*, *Brachiaria decumbens* y *Arachis pintoi*, con el fin de establecer alternativas de recuperación de este sitio contaminado. La absorción de MP en las especies vegetales presentó el orden Cr > Cd > Ni > Pb.

2.2 BASES TEORICAS Y BASES LEGALES:

2.2.1 BASES TEORICAS:

- Procesos de descomposición de los residuos en los botaderos y rellenos sanitarios

La materia orgánica presente en los residuos sirve como sustrato alimenticio para los microorganismos (tanto del microambiente del botadero o relleno sanitario, así como los presentes en los mismos residuos), los cuales descomponen la materia orgánica. Este proceso es diferencial de acuerdo a la altura y presencia de oxígeno en un lugar determinado de la pila de residuos.

Una vez los residuos son depositados en su sitio final, éstos empiezan un proceso de transformación que de acuerdo a **Espinosa y González (2001)** y a **Suthersan, (2001)** puede describirse en cinco fases. En las primeras fases, las basuras se descomponen por la acción de microorganismos aeróbicos. Sin embargo, a medida que el oxígeno presente se agota, se inicia la etapa de transformaciones anaeróbicas, en la que sucede la reducción de los nitratos y sulfatos a gas de nitrógeno y ácido sulfhídrico (H₂S). En la siguiente fase (acidificación), se forman ácidos orgánicos y gas metano, como resultado del

incremento en la población microbiana anaerobia. En esta fase se presenta la hidrólisis de compuestos molecularmente complejos como los lípidos, polisacáridos, proteínas y ácidos nucleicos; el segundo paso es la acidogénesis propiamente dicha, y la formación de ácido acético (CH_3COOH); en esta fase se produce dióxido de carbono (CO_2). El pH bajo en esta fase, puede incrementar la biodisponibilidad de metales pesados presentes. En la fase de metanogénesis, el ácido acético y el gas hidrógeno son transformados en metano (CH_4) y dióxido de carbono, la producción de ácidos se reduce, lo cual incrementa el pH y puede observarse menor disponibilidad de metales pesados.

En la fase de maduración, la fracción de carbón orgánico y nutrientes disponibles, se convierten en un factor limitante, el nivel de actividad microbiana se reduce. La producción de gas metano también se reduce considerablemente.

▪ Disposición Final de Residuos Sólidos

La disposición final de residuos municipales, última etapa de la gestión de residuos, no fue percibida inicialmente por los funcionarios encargados de los servicios de limpieza pública como una actividad importante, cuyo manejo inadecuado genera problemas ambientales que ponen en riesgo la salud de la población. Esto se debe a que antiguamente la generación de olores o agentes contaminantes y su impacto en el ambiente se atenuaba mediante la disposición final lejos de las zonas habitadas o los residuos se arrojaban a los cursos de agua. Otro elemento que reforzaba esta actitud era el tamaño de las ciudades y la poca producción de residuos, compuestos principalmente por desechos orgánicos y en menor medida por inorgánicos. Estas características afianzaban la idea de la reincorporación de los residuos a la naturaleza con impactos negativos mínimos sobre el ambiente (CONAM/CEPIS/OPS 2004).

En la segunda mitad del siglo pasado, las ciudades experimentaron un marcado crecimiento demográfico debido a la migración, la mayor cantidad y calidad de servicios, el cambio en los hábitos de consumo y, recientemente, debido a la necesidad de empleo e ingresos producto del desplazamiento

generado por la violencia subversiva. Estos factores incrementaron la cantidad de los residuos y modificaron su composición. El avance científico también está permitiendo conocer más sobre el impacto negativo que tiene la inadecuada disposición de los residuos sobre la salud y el ambiente. (CONAM/CEPIS/OPS 2004).¹

Hoy se sabe que la disposición inadecuada de desechos sólidos municipales en botaderos ocasiona impactos negativos en la salud humana y en el ambiente. Los factores que determinan la forma e intensidad del impacto están relacionados con el tipo predominante de residuo, distancia entre las zonas pobladas y los botaderos, profundidad de la capa freática, distancia y características de las fuentes de agua superficial que podrían verse afectados. (CONAM/CEPIS/OPS 2004).

▪ Consecuencias de la Mala Disposición de los Residuos Sólidos.

Ante el manejo inadecuado de los residuos, especialmente la disposición final deficiente, conlleva a riesgos ambientales que se convierten en riesgos a la salud de corto y largo plazo. Pueden tener las siguientes consecuencias:

- Alteración de la calidad del suelo debido a su contaminación con agentes patógenos procedentes de laboratorios clínicos, hospitales, centros de salud y clínicas particulares, que pueden sobrevivir o reproducirse en suelos ricos en materia orgánica.
- Transmisión de diferentes tipos de zoonosis por artrópodos y roedores que viven en los botaderos.
- Contaminación del suelo por excretas de roedores, perros, cerdos y aves.
- Transmisión de organismos patógenos de animales infectados al hombre, por contacto con el suelo, alimentos, agua y por la crianza de animales alimentados con residuos orgánicos contaminados.

- Contaminación del suelo con sustancias químicas o subproductos tóxicos de la materia orgánica que no puede ser absorbida por el medio debido a la cantidad exagerada y concentrada de sustancia orgánica.
- Contaminación del suelo por el vertido inadecuado de residuos especiales (químicos y biocontaminados) y peligrosos (metales pesados y otro tipo de residuos de la industria formal e informal).
- Aumento de vectores de enfermedades, tales como moscas, cucarachas, zancudos y mosquitos, tanto en las zonas aledañas al botadero como en el mismo.
- Producción de olores desagradables y ruidos.
- Contaminación del agua subterránea por percolación de lixiviados.
- Obstrucción de los drenajes abiertos de aguas superficiales.
- Contaminación directa de los cuerpos de agua y modificación de los sistemas naturales de drenaje por el vertido incontrolado de residuos en ellos.
- Contaminación atmosférica por acción de los gases que se producen en la quema de los residuos de los botaderos.
- Riesgos a la salud de los segregadores y trabajadores.
- Proliferación de aves y riesgos de accidentes de aviación en zonas aledañas a aeropuertos.

Tales problemas están directa o indirectamente vinculados a la calidad de la salud. La multicausalidad del origen de las enfermedades impide establecer una relación directa y cuantitativa entre el inadecuado manejo de residuos sólidos y la salud. Sin embargo, se reconoce que el manipuleo inadecuado de los residuos contribuye a la generación y propagación de numerosas enfermedades y problemas de salud.

Donde existen enfermedades endémicas como el dengue (en el norte y en la selva), una de las medidas paliativas ha sido el retiro de los residuos acumulados en la ciudad. Con ello se ha querido evitar que los residuos contribuyan a la propagación de las enfermedades, pero realmente lo que se ha hecho es concentrar el problema en una zona más alejada porque se han arrojado los residuos en botaderos, ya que no existen rellenos sanitarios en esas zonas.

En todos los casos es de vital importancia realizar una vigilancia de la infraestructura de disposición final de los residuos sólidos pues con la información del monitoreo es posible relacionar el manejo de residuos sólidos con los efectos en la salud.

- Generación de Residuos Sólidos

De acuerdo con la información del Informe Analítico del Perú para la Evaluación Regional de los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos Municipales (EVAL 2002), la generación promedio per cápita diaria de residuos sólidos en el Perú, en el año 2001, fue de 0.529 kg/hab/día. Varía desde 0.367 hasta 1.227 kg/per/día y la ciudad de Pampas, Huancavelica, es la que presenta la menor producción de residuos en contraposición con la ciudad de Tarapoto, San Martín, que tiene el mayor valor. Este mayor valor se debe a los hábitos de consumo de la población y a las características de los alimentos consumidos, (por ejemplo, la yuca y el plátano tienen abundante cáscara). Se estima que en el año 2001 se habrían generado en el área urbana un promedio de 12.785 toneladas por día en el nivel nacional.

Entre las ciudades peruanas de mayor importancia socioeconómica, Lima, Ilo, y Tacna cuentan con rellenos sanitarios, sin embargo sólo algunos rellenos cumplen con la mayoría de los requisitos sanitarios, ambientales y operativos adecuados, los cuales se ubican principalmente en la ciudad de Lima. Estos rellenos sanitarios estarían recibiendo 2.570 t/día, lo que representa una cobertura nacional de disposición final adecuada de 20%.

En ese contexto, el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) está fomentando iniciativas para promover la implementación de la Ley General de Residuos Sólidos N° 27314. Dicha ley asigna a las municipalidades provinciales la responsabilidad de asegurar la correcta disposición final de los residuos sólidos como parte del desarrollo de sus planes integrales de gestión ambiental de residuos sólidos (PIGARS)

- Lixiviados

Se entiende por lixiviado al líquido residual que es generado en la descomposición bioquímica de los residuos, además de la percolación de agua a través de estos en proceso de degradación, que a su vez extrae materiales disueltos, que por gravedad tienden a salir por la parte inferior del Relleno Sanitario, hasta que una capa impermeable impida su paso.

- Características de los Lixiviados

Las características de los lixiviados provenientes de los Rellenos Sanitarios, dependerán de las características típicas de los residuos sólidos urbanos que lleguen al Relleno, además de varios factores como la temperatura, el contenido de humedad, la calidad y cantidad del agua que entra en contacto con la masa de residuos sólidos dispuestos, además de la edad del relleno sanitario.

Las características fisicoquímicas de los lixiviados son inherentes tanto a la calidad de los residuos sólidos como a su grado de estabilización. Desde que los residuos sólidos son generados y aun temporalmente dispuestos, tiene lugar la degradación aeróbica.

“Debido a la alta compresión de los residuos, el oxígeno tomado de la atmósfera no es suficiente para compensar la demanda de oxígeno de los microorganismos, por lo que se originan condiciones anaerobias. Esta situación, es la causa del cambio de la biocenosis de aerobia a anaerobia facultativa y más tarde a microorganismos anaerobios obligados”

El incremento de las bacterias metanogénicas, afecta negativa y progresivamente la producción de Ácidos Grasos Volátiles. Después de un período de 7 a 9 años la biocenosis alcanza un estado estable, denominada fase metanogénicas, en la cual el relleno se caracteriza por la generación elevada de metano.

“La contaminación orgánica del lixiviado disminuye rápidamente lo que da como resultado que la DBO5 presente valores más bajos y la relación DBO/DQO sea más bajo.

Los rangos típicos de la concentración del lixiviado según Ehrig (1989), se presentan en la Tabla 1. En esta tabla se identifican las características del lixiviado según la fase acética que ocurre al momento de disponer o la metanogénicas que ocurre en un período estrictamente anaerobio.

La fase de fermentación ácida en un Relleno Sanitario puede durar de 3 a 7 años, dependiendo de la forma y factores ambientales que predominen. En la disposición los lixiviados pueden presentar concentraciones muy altas de DQO y DBO5, parámetros que deben ser tomados muy en cuenta para el diseño o tratamiento de los lixiviados.

Durante este lapso de tiempo de 3 a 7 años, la relación DBO5 / DQO es aproximadamente 0.6.

En este caso, alrededor del 90% de la DBO5 es causada por ácidos grasos volátiles (AGV), lo que significa que la biodegradabilidad del lixiviado durante este período de tiempo es alta”.

Tabla 01. Composición de lixiviado de rellenos sanitarios fases Acética y Metanogénicas

PARÁMETRO	VALOR PROMEDIO	RANGO
FASE ACIDOGÉNICA		
pH	6.10	4.5 – 7.5
DBO5 (mg/l)	13000.00	4000 – 40000
DQO (mg/l)	22000.00	6000 – 60000
DBO5 /DQO	0.58	
SO4 (mg/l)	500.00	70 – 1750
Ca (mg/l)	1200.00	10 – 2500
Mg (mg/l)	470.00	
Fe (mg/l)	780.00	20 – 2100
Mn (mg/l)	25.00	0.3 – 65
Zn (mg/l)	5.00	0.1 – 120
FASE METANOGENICA		
pH	8.00	7.5 – 9
DBO5 (mg/l)	180.00	20 – 550
DQO (mg/l)	3000.00	500 – 4500
DBO5 / DQO	0.06	
SO4 (mg/l)	80.00	10 – 420
Ca (mg/l)	60.00	20 – 600
Mg (mg/l)	180.00	40 – 350
Fe (mg/l)	15.00	3 – 280
Mn (mg/l)	0.70	0.03 – 45
Zn (mg/l)	0.60	0.03 – 4
CUANDO NO SE OBSERVAN DIFERENCIAS ENTRE LAS DOS FASES		
Cl (mg/l)	2100.00	100 – 500
Na (mg/l)	1350.00	50 – 4000
K (mg/l)	1100.00	10 – 2500
Alcalinidad (mg CaCO3/l)	6700.00	300 – 11500
NH4 (mg N/l)	750.00	30 – 3000
Norg (mg N/l)	600.00	10 – 4250
Total N (mg N/l)	1250.00	50 – 5000

Fuente: Gestión integral de residuos sólidos Vol. I. George Tchobanoglous.

▪ **Generación de lixiviados**

Los lixiviados (líquido de consistencia densa, en el cual se encuentran numerosos compuestos suspendidos tales como ácidos orgánicos, hidrocarburos, amonio, sulfatos y metales pesados disueltos), se generan como resultado de la percolación de líquidos a través de los desechos, la acumulación de humedad producto de la descomposición bacteriana y de la presión que ejercen las capas superiores de residuos depositados en botaderos a cielo abierto o rellenos

sanitarios. En el proceso de percolación, el agua solubiliza y arrastra el material orgánico e inorgánico. Los lixiviados se consideran como una consecuencia inevitable de la disposición de residuos y una alta amenaza de contaminación ambiental, debido a la migración del lixiviado hacia aguas subterráneas. La cantidad de lixiviados se incrementa hacia la fase anaeróbica del proceso de transformación de residuos (**Suthersan, 2001**).

Las características de los lixiviados varían de acuerdo al lugar de donde provienen, especialmente al tratamiento previo de los residuos depositados (separación) y a la edad del botadero o relleno sanitario. Por ejemplo, **Giraldo (2001)**, indica que los lixiviados en los rellenos sanitarios de los países en vías de desarrollo presentan concentraciones mayores de amoníaco y metales pesados, que aquellos de países desarrollados.

Contenido orgánico de los lixiviados: el contenido de materia orgánica de los lixiviados, generalmente se mide en los términos de las demandas química y biológica de oxígeno (DQO y DBO respectivamente) que son indicativo de la cantidad total de materia orgánica y materia orgánica fácilmente biodegradable presente. Estos parámetros (medidos como mg/l), cuantifican la cantidad de oxígeno necesario para la conversión de carbono orgánico a CO₂ y agua, o la cantidad de oxígeno que los microorganismos utilizan en convertir la materia orgánica. Para los lixiviados es común calcular la relación DBO/DQO. El tiempo transcurrido desde la disposición de los residuos, juega un papel muy importante tanto en la composición como en la relación DBO/DQO. En general, se considera que los lixiviados jóvenes o recientemente producidos contienen mayor cantidad de amoníaco, fósforo, detergentes, sales, hierro, calcio y magnesio, así como una mayor concentración de metales pesados que los lixiviados provenientes de una fase de maduración. En los lixiviados recientes o jóvenes, la alta cantidad de ácidos orgánicos incrementa la DQO y la DBO. La relación DBO/DQO para un lixiviado joven es alta, indicando una buena biodegradabilidad, mientras que para un lixiviado viejo es baja, indicando una baja biodegradabilidad de la materia orgánica (**Giraldo, 2001; Suthersan, 2001**). Además del contenido orgánico, los

lixiviados presentan diferentes concentraciones de benceno, tolueno, tricloroetileno, xileno y metales pesados (Miller y Clesceri, 2003).

El agua que se introduce y tiene contacto con residuos debido principalmente a fuentes externas como el agua lluvia, drenaje superficial, entre otras, se filtra a través de los residuos sólidos en descomposición lo que produce la lixiviación de materiales biológicos y compuestos químicos, tanto orgánicos como inorgánicos.

Este proceso da lugar a la aparición de un fluido líquido denominado como lixiviado, el cual se caracteriza principalmente por un gran número de sustancias, con valores a menudo extremos de pH, carga orgánica y metales pesados, y caracterizado por su mal olor. (Erigh1989).

“Para conocer un volumen de lixiviado se realiza el balance hidrológico el cual implica la suma de todas las cantidades de agua que entran en el Relleno Sanitario y la sustracción de las cantidades de agua consumidas en las reacciones químicas, así como la cantidad que sale en forma de vapor de agua”.

Uno de los modelos con los cuales se estima la producción de lixiviado involucra los componentes mostrados en el gráfico 01.

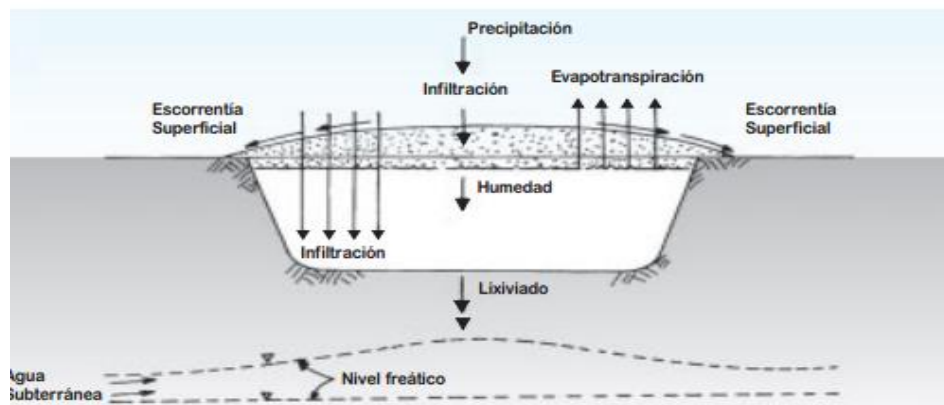


Grafico 01: Balance de agua en un relleno sanitario

Fuente: Guía Ambiental para Rellenos Sanitarios-2002

- **Precipitación (P).**

“La precipitación es la cantidad de lluvia que cae sobre el terreno del relleno sanitario, siendo (RO) la fracción de esta que escurre superficialmente (escorrentía)”.

- **Infiltración (I).**

La infiltración es la fracción de (P) que se filtra entre las capas de los residuos dispuestos. “La tasa de infiltración depende del tipo de superficie con que cuente, sea este el material de cobertura final, cobertura vegetal, material de cobertura diaria e intermedia o residuos descubiertos”.

- **Evapotranspiración (ETP).**

Corresponde a la parte del líquido que se evapora de la superficie y se transpira (T) por acción de la cobertura vegetal.

- **Saturación (S).**

Es la deficiencia en el almacenamiento de humedad del terreno, es la diferencia de la capacidad de campo (FC) y el volumen de humedad existente en el área (MC).

- **Percolación (PERC).**

Es el porcentaje de precipitación (P) que no se infiltra, ni escurre y que tampoco es sometido a la evapotranspiración, la cual se convierte luego en lixiviado (L).La percolación puede ser aumentada por la intrusión al relleno de aguas subterráneas (G).

El procedimiento de cálculo de generación de lixiviados que involucra estos elementos se denomina Método de Equilibrio del Agua (WB) el cual ha sufrido diversas variaciones desde su formulación en 1975 por Fenn (1989). Este método

consistía en un procedimiento de cálculo manual resuelto de acuerdo con los registros mensuales de precipitación.

Una predicción exacta del flujo de lixiviados es muy difícil de lograr debido a las incertidumbres asociadas a la estimación de las variables que componen el método, cuya formulación algebraica es:

$$\text{PERC} = \text{P-RO-ETP-S+G (1)}$$

Este método requiere conocer datos básicos como temperatura, precipitación, índice de calor, crecimiento vegetal, coeficiente de escorrentía, compactación, capacidad de almacenamiento de humedad, etc.

“El primer estudio exitoso, realizado para predecir la producción de lixiviados fue publicado por Kmet (1982), quien utilizó el método de equilibrio del agua para simular la producción de lixiviado estimando su flujo en porcentajes comprendidos entre el 16,6% y 22,1% de la precipitación media anual”.

▪ **Movimiento del Lixiviado en Vertederos sin Aislamiento.**

“En condiciones normales, el lixiviado se encuentra en el fondo de los rellenos sanitarios. Desde allí el movimiento es a través de los estratos subyacentes, aunque también ocurre algún movimiento lateral, dependiendo de las características del material circundante y de la forma del suelo que soporta el lleno como es su topografía, pendiente, tipo de suelo”.

Para determinar la velocidad de filtración de los lixiviados del fondo del vertedero se puede determinar mediante la Ley de Darcy que se expresa de la siguiente manera:

$$Q = -KA \frac{dh}{dl}$$

Dónde:

Q = descarga de lixiviado por unidad de tiempo, m³/año.

K = coeficiente de permeabilidad, $\text{m}^3/\text{m}^2\text{año}$.

A = área en perfil a través de la cual corre el lixiviado, m^2

Dh/dl = gradiente hidráulico, m/m .

h = pérdida de carga, m .

l = longitud del camino de flujo, m .

▪ Metales Pesados

Uno de los principales grupos de contaminantes presentes en los basureros y rellenos sanitarios es el conformado por los metales pesados, también denominados metales tóxicos o metales traza.

En la actualidad, no se cuenta con una definición estricta y completamente aceptada para este grupo, pero entre sus características principales se citan: una densidad mayor a 6 g/cm^3 , su condición de no degradabilidad a través de procesos biológicos, algunos de ellos no tienen función biológica conocida y la acumulación en diferentes componentes de la red alimenticia, razones por las cuales se han calificado como una grave amenaza para la salud (**Alloway, B.J.1995**).

Los metales pesados de mayor interés en relación con la polución ambiental, los daños en agricultura y en la salud humana son: arsénico (As), cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb), talio (Tl) y uranio (U) (**Alloway, 1995**). Sin embargo, bajo la misma denominación de metales pesados se encuentran el cromo y el níquel, dos elementos que aun siendo esenciales para las plantas en muy bajas concentraciones, han sido incluidos en este grupo por su extendido uso en procesos industriales, lo que ha facilitado su acumulación en grandes cantidades, causando toxicidad en animales y plantas (**Shanker et al., 2005**).

A continuación se describen las principales características de los metales pesados mercurio (Hg), plomo (Pb), cromo (Cr), cadmio (Cd) y níquel (Ni),

considerados como los de mayor abundancia en el Morro de basuras de Moravia, de acuerdo a los estudios previamente reportados (Integral, 2000).

▪ **Mercurio**

Este elemento (número atómico 80), tiene una densidad de 13.53 g/cm³. Las emisiones naturales de mercurio provienen de la litosfera, la evaporación la superficie oceánica y la actividad geotérmica. A escala global, las principales actividades antropogénica que incrementan la concentración de Hg son el consumo de combustibles fósiles y la explotación de oro. El contenido promedio de Hg en la superficie del suelo se presenta en un rango entre 20 µg/kg a 625 µg/kg y en los alimentos debe estar por debajo de 0.02 mg/kg (**World Health Organization, 2007**). El mercurio presenta tres estados de valencia: Hg⁰ (elemental o metálico), Hg¹⁺ y Hg²⁺ (formando compuestos como el cloruro de mercurio Hg₂Cl₂ o nitrato de mercurio Hg(NO₃)₂). El ciclo de este metal comprende la emisión de mercurio desde los suelos a la atmósfera, su regreso a la superficie terrestre y cuerpos de agua mediante la adsorción a las partículas de suelo o lecho marino, y su revolatilización a la atmósfera, en donde prevalece en forma de vapor de mercurio. Una vez en el ambiente, el mercurio puede interconvertirse a sus diferentes formas orgánicas (como el metilmercurio MeHg y dimetilmercurio) e inorgánicas, mediante la oxidación a ión mercurio y la metilación. La conversión de Hg inorgánico a metilmercurio (MeHg) ocurre en microorganismos de sistemas acuáticos. (**ATSDR 1999**).

Una vez metilado, el Hg puede pasar hacia niveles superiores de la cadena trófica (microorganismos, peces pequeños y peces grandes, en los cuales la bioacumulación puede incrementarse). De hecho, el metilmercurio presente en los peces más grandes, se considera una de las principales rutas de exposición de los seres humanos a este metal. El metilmercurio y dimetilmercurio son las especies químicas más tóxicas de este metal pesado desde el punto de vista de salud humana (**EPA, 1997; ATSDR, 1999; Gochfeld, 2003**).

La toxicidad y la distribución del mercurio en los organismos vivos dependen de la solubilidad de los compuestos y son funciones de los estados metálicos iónicos. Todas las formas de mercurio son tóxicas: El mercurio elemental se volatiliza rápidamente, y en estado de vapor puede alcanzar largas distancias. En esta forma, el mercurio es liposoluble y puede entrar por inhalación a los pulmones, posteriormente puede ser oxidado en las en los eritrocitos y de allí continuar al sistema nervioso central. Las sales de mercurio inorgánico se acumulan en los riñones y se han relacionado también con daños gastrointestinales. El metilmercurio, es rápidamente absorbido por el tracto digestivo y pulmones de animales superiores. A pesar que todas las formas de mercurio pueden acumularse, el metilmercurio se acumula en mayor cantidad que cualquiera de las otras formas. Por ejemplo, en el caso de un embarazo en humanos, los tejidos fetales tienen alta afinidad por el metilmercurio. Una vez en el feto, el metilmercurio llega al sistema nervioso central, en donde ejerce gran parte de su toxicidad. El desarrollo del cerebro es particularmente sensible al metilmercurio, de tal forma que la vida prenatal es más susceptible al daño cerebral que la del adulto y su eliminación del sistema biológico puede tomar entre meses y años (**Gochfeld, 2003, Olivero y Jhonson, 2002**).

Los efectos negativos del mercurio en la salud humana han sido relacionados con cáncer, sensibilidad del sistema inmune (estudios realizados con animales de experimentación demostraron que el MeHg modificó la proporción de células inmunes y el desarrollo del sistema inmune), y reproducción (el número de abortos espontáneos se incrementó en mujeres embarazadas y expuestas a este metal). De acuerdo a Olivero y Jhonson (2002), se considera que el mercurio posee tres aspectos importantes para su estudio toxicológico: la percepción de riesgo por la exposición a través del consumo de pescado, la emisión de vapor de mercurio a partir de las amalgamas dentales y el etilmercurio en forma timerosal.

El mecanismo de toxicidad del mercurio, está relacionado con su reactividad con enzimas y proteínas. En el caso de las enzimas, puede interferir con la actividad de las ATPasas de las membranas celulares. Además se ha relacionado

con el metabolismo del piruvato en el cerebro, disfunciones mitocondriales en diferentes tipos de células, donde disminuye la actividad de las enzimas presentes (Timbrell, 2008).

En el Perú la utilización del mercurio en la extracción del oro en el norte del país constituye un verdadero riesgo ambiental y de salud para los habitantes de la región Cajamarca.

▪ Plomo

El plomo (número atómico 82) presenta una densidad de 11.4 g/cm³ y es considerado uno de los metales pesados de mayor toxicidad. Las emisiones naturales de plomo se ocasionan por las sales del mar, volcanes e incendios forestales, entre otros. El consumo de combustibles fósiles, incineración de basura, la producción de hierro, acero y cemento se consideran las principales causas antropogénica de emisión de Pb. Otras fuentes importantes en el ambiente son las baterías, las pinturas, tuberías e insecticidas. Una vez que el Pb se deposita en el suelo, es inmovilizado por el componente orgánico de tal forma que la cantidad disponible para las plantas es baja y se encuentra en los primeros 5 cm superficiales. La adición de ácidos orgánicos puede incrementar su solubilidad y aumentar el transporte de Pb desde la raíz hacia órganos aéreos (Sharma y Dubey, 2005).

En la naturaleza se encuentra como Pb elemental, y tiene valencias 2+ (en compuestos inorgánicos) y 4+(en compuestos orgánicos), formando metales como la galena (PbS), la cerusita (PbCO₃) y la anglesita (PbSO₄), entre otros (Casas y Sordo, 2006).

Dado que el Pb no es un elemento esencial, las plantas no presentan mecanismos de absorción para este metal y dicha absorción puede ocurrir por transporte pasivo. Algunos complejos entre Pb y grupos carboxílicos presentes en la superficie radicular, pueden entrar a las raíces, a pesar que dicho mecanismo no está completamente definido. Una vez dentro de las raíces, este metal se une

a los sitios de intercambio iónico en las paredes celulares, o se precipita como fosfatos o carbonatos. El Pb no ligado, viaja a través de los canales de Ca, y puede acumularse en el floema y en el xilema. La toxicidad de Pb en las plantas está asociada a reducción de la tasa de germinación y crecimiento radicular, reducción de la tasa fotosintética y bajo rendimiento en la producción de biomasa, **(Sharma y Dubey, 2005)**.

La exposición al plomo puede ocurrir a través de diferentes vías, como el agua y los alimentos, así como la inhalación a través de los pulmones. La ingestión de vegetales con altas concentraciones de Pb es la vía de mayor exposición de organismos en los niveles superiores de la cadena trófica. En los humanos, el efecto nocivo del Pb se ha asociado con daños neurológicos, especialmente por sus efectos negativos en el aprendizaje de los niños. Su acumulación se observa principalmente en los huesos. La absorción de Pb en los humanos sucede principalmente por la ingestión de alimentos, a pesar que la ingestión accidental de suelo contaminado, polvo y pintura son también importantes en el riesgo de contaminación, especialmente de la población infantil. Las actividades de reciclaje son fuentes de exposición para las poblaciones vecinas a los lugares donde se lleva a cabo esta labor **(World Health Organization, 2000; World Health Organization 2007)**. La toxicidad del Pb está asociada con graves condiciones cerebrales (edemas cerebrales y degeneración de neuronas), también se cita su interferencia con la síntesis de hemoproteínas y el efecto negativo en el funcionamiento renal, donde puede incluso generar cáncer **(Timbrell, 2008)**.

La absorción de Pb en el cuerpo ocurre a través de la ingestión inhalación y contacto dérmico. La toxicidad de Pb en el cuerpo humano, ha sido relacionada con varios procesos, entre los cuales se citan el incremento en la afinidad Ca^{2+} , la disrupción del metabolismo de Ca^{2+} , el bloqueo de absorción de Ca^{2+} en la mitocondria y en el retículo endoplasmático (ATSDR, 2007; Casas y Sordo, 2006). El estudio realizado por Olivera et al. (2007) en la ciudad de Cartagena, sobre muestras de sangre obtenidas de una muestra de población infantil, relacionó los niveles superiores a 10 $\mu\text{g/dL}$ de Pb, con condiciones adversas presentes en las

viviendas de dichos niños. En las viviendas de la población con altos contenidos de Pb, se llevaban a cabo actividades industriales clandestinas relacionadas con la metalurgia, o actividades pesqueras en las que el Pb se utilizaba en la construcción de redes de pesca. Dichas actividades fueron correlacionadas con contaminación del aire y de las superficies tales como paredes, pisos, muebles, ropa y juguetes.

▪ **Cromo**

Este elemento (número atómico 26), exhibe dos estados relativamente estables: el trivalente (Cr III) y el hexavalente (Cr VI), de los cuales el último se considera altamente tóxico. Este metal se presenta naturalmente en el suelo en el rango entre 10 a 50 mg/kg. El Cr se utiliza en el procesamiento de cuero y en la obtención de acero y también hace parte de los ingredientes de agentes de limpieza. El Cr VI se utiliza en la industria para procesos de esmaltado de materiales y en los tanques de agua. Recientemente se utiliza en la preservación de la madera. Estas actividades han llevado a la contaminación que actualmente se observa con Cr.

El cromo ocurre naturalmente como cromita (FeCr_2O_4) y en compuestos que contienen Pb, como en el caso de cromato de plomo, PbCrO_4 (**Peralta Videa et al., 2009**). En el agua contenida en el suelo, la forma predominante de cromo es la hexavalente, presente como cromatos (CrO_4^{2-}) y dicromatos ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$), y se caracteriza por ser tóxico y del alta movilidad (**Suthersan, 2001**).

El Cr III tiene menor movilidad y menor toxicidad, ya que se precipita como hidróxido de cromo $\text{Cr}(\text{OH})_3$, (**Becquer et al., 2003**).

La absorción de Cr en las plantas, ha sido un proceso que no se ha estudiado tanto como en el caso de los otros metales pesados, y esto se debe a la complejidad electrónica del elemento, que ha sido un obstáculo y no ha permitido elucidar su mecanismo de toxicidad para las plantas. Sin embargo, se citan ejemplos específicos de la toxicidad de Cr en la germinación, elongación de raíces

y producción de materia seca, (**Shanker et al., 2005; Kotas y Stasicka, 2000; Zhang et al., 2007**).

En plantas, concentraciones de Cr entre 0.05 y 1 mg/L promueven el crecimiento y la producción de biomasa. Este metal entra en las plantas mediante la reducción o la formación de complejos con los exudados radiculares tales como ácidos orgánicos, que incrementan su movilidad en la planta. Tanto el Cr III como el Cr VI, entran a las células a través de la ruta simplástica, (**Shanker et al., 2005**).

El Cr III, en concentraciones traza, es considerado como esencial para el metabolismo de proteínas en humanos y animales. Sin embargo, exposiciones constantes a este elemento pueden ocasionar daños en los riñones y en el hígado. La inhalación de Cr VI puede causar problemas respiratorios, como úlceras en las fosas nasales, incluso cáncer de pulmón. El contacto dérmico con esta especie se ha asociado a problemas de dermatitis, alergias y necrosis de la piel. El Cr VI inhalado puede oxidarse a Cr III que a su vez puede ligarse al ADN y causar mutaciones genéticas, (**Peralta-Videa, 2009**).

▪ **Cadmio**

El cadmio (número atómico 48), es liberado a la atmósfera por medio de volcanes, arrastre de partículas o emisiones biogénicas, combustión fósil y por actividades antropogénica (similares a las presentadas en Pb). De acuerdo a los contenidos normales de cadmio en el suelo alrededor del mundo, se puede determinar que el rango de ocurrencia de este metal está entre 0.07 y 1.1 mg/kg y se considera que los valores mayores a 0.5 mg/kg son el producto de actividades antropogénica (**World Health Organization, 2007**).

El cadmio se considera un elemento no esencial en los sistemas biológicos. El cadmio biodisponible para las plantas en la solución del suelo, debe estar en forma de iones libres hidratados o ligado a otros compuestos orgánicos o inorgánicos. La absorción de Cd ocurre a través de los mismos transportadores

para minerales como K, Ca, Mg y Fe. Una vez en el citoplasma, el Cd se liga a compuestos como el bisglutionato, y se trasloca a los tejidos aéreos, alcanzando el xilema a través de las rutas apoplásticas o simplásticas, mediante la formación de complejos como ácidos orgánicos o fitoquelatinas, y se acumula posteriormente en las vacuolas **(Sharma, 2005; Clemens, 2006)**.

El cadmio afecta negativamente los procesos de respiración y fotosíntesis, el transporte de agua, la absorción de potasio, hierro y manganeso. La presencia de formas iónicas libres de Cd en el citoplasma es tóxica.

Las rutas de exposición a este metal son principalmente la dieta y el cigarrillo. El cadmio está presente en la gran mayoría de la comida, especialmente en los vegetales y en la comida de mar. En la población humana, los órganos donde este metal puede acumularse son los riñones y los huesos, ocasionando la excreción de proteínas de bajo peso molecular en la orina y un incremento en el riesgo de osteoporosis, así como un incremento en el riesgo de contraer cáncer de pulmón y de próstata. En estudios de laboratorio, se ha relacionado el contenido de Cd con mutaciones en líneas celulares, Los sectores más sensibles a la exposición son las personas mayores, personas con diabetes y fumadores. El cadmio puede ser absorbido por el tracto digestivo, penetrar la placenta, dañar las membranas celulares y causar mutaciones en el ADN. De igual manera que el plomo, la ingestión directa e indirecta es la causa principal de contaminación con este metal y por tanto se considera como elemento del primer grupo de carcinógenos **(Lalor 2008, Kabata-Pendias, 2004)**

- **Níquel**

Este elemento (número atómico 28) es esencial en la nutrición mineral de plantas superiores como componente de las ureasas. Naturalmente se encuentra en varios estados de oxidación (-1 a +4), pero el estado de oxidación existente en los sistemas biológicos es el +2. Las formas solubles en el suelo son: Ni^{2+} , NiOH, $HNiO_2$ y $Ni(OH)_3$. Los compuestos de níquel son importantes en la industria, especialmente en los procesos de la producción de baterías de cadmio y níquel,

en la fabricación de equipo electrónico y maquinaria industrial y armamento. En seres humanos, la toxicidad por este elemento se ha relacionado con efectos adversos y reacciones alérgicas en la piel. Las principales fuentes de contaminación son la ingestión de comida y agua contaminada. La exposición a altas dosis de níquel se ha relacionado con cambios en los niveles de calcio intracelular, condición que causa un estrés oxidativo y posteriormente modificaciones en la expresión de genes, metabolismo celular y daño en el ADN. Las expresiones externas de dicha toxicidad son alergias dérmicas y cáncer de las vías respiratorias, ya que los órganos del sistema respiratorio constituyen los sitios más importantes de acumulación de níquel (**Denkhaus y Salnikow, 2002**).

En la nutrición de plantas se ha observado que bajas concentraciones de níquel en la solución del suelo tienen un efecto favorable en el crecimiento, pero una cantidad excesiva de níquel puede tener efectos adversos (**Chen y Wong, 2006**), **Prasad y Freitas, 2003**).

▪ La Movilidad de los Contaminantes y los Parámetros Geoedáficos

La movilidad de un metal depende no sólo de su especiación química, sino de una serie de parámetros del suelo tales como pH, materia orgánica, carbonatos, minerales de la arcilla, etc. Así, no todos los cationes de cambio están igualmente disponibles, sino que depende del mineral o minerales de los que están formando parte como complejo de cambio. No será igual si se encuentran en una esmectita o en una illita. Cuando el metal está precipitado, no se comportará igual si lo hace como carbonato, sulfato o fosfato. Tampoco será lo mismo que el metal se encuentre formando parte de un sulfuro (relativamente oxidable y solubilizable) que de un silicato (prácticamente resistente en todos los medios).

En general, la movilidad de los metales pesados es muy baja, quedando acumulados en los primeros centímetros del suelo, siendo lixiviados a los horizontes inferiores en muy pequeñas cantidades. Por eso la presencia de altas concentraciones en el horizonte superior decrece drásticamente en profundidad cuando la contaminación es antrópica. Esto sucede precisamente porque la

disponibilidad de un elemento depende también de las características del suelo en donde se encuentra. Los parámetros geodáficos llegan a ser esenciales para valorar la sensibilidad de los suelos a la agresión de los contaminantes; en concreto:

- a) pH. La mayoría de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido porque son menos fuertemente adsorbidos excepto As, Mo, Se y Cr, que son más móviles a pH alcalino.
- b) Textura. Los suelos arcillosos retienen más metales por adsorción o en el complejo de cambio de los minerales de la arcilla. Por el contrario, los arenosos carecen de capacidad de fijación y puede contaminarse el nivel freático.
- c) Mineralogía de Arcillas. Cada mineral de la arcilla tiene unos determinados valores de superficie específica y de descompensación eléctrica. Cuanto mayor es la superficie activa de un filosilicato, mayores son sus posibilidades de adsorber metales (Tabla 2).

Tabla N° 2: Área superficial típica de minerales del suelo

Minerales del suelo	Área superficial (m ² /g)
Caolinita	7-30
Illita	65-100
Montmorillonita	700-800
Óxidos de manganeso	30-300
Goethita	40-80
Carbonatos/arenas	0,5-5

Fuente: (Bourg, 1995).

Este poder de adsorción será máximo en el punto de carga cero superficial, cuando su competencia con los H⁺ es mínima, lo que se consigue a diferentes pH según el mineral (Sposito, 1989). Sin embargo la importancia de los minerales de la arcilla como adsorbentes es secundaria cuando en un suelo existe abundante

materia orgánica y/o oxihidróxidos de hierro, componentes más competitivos (Galán, 2000).

2.2.2 BASES LEGALES

- Política Nacional de Salud Ambiental 2011 - 2020 RM N° 258-2011/MINSA.
- Ley N° 26790, Ley de Modernización de la Seguridad Social en Salud.
- Ley N° 26842, Ley General de Salud.
- Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos y su modificatoria mediante Decreto Legislativo N° 1065.
- Reglamento de la Ley de Modernización de la Seguridad Social en Salud.
- Decreto Supremo N° 013-2002-SA, que aprueba el Reglamento de la Ley del Ministerio de Salud.
- Decreto Supremo N° 057-2004-PCM-Reglamentación de la Ley N° 27314 Ley General de Residuos Sólidos.
- Resolución Ministerial N° 826-2005/MINSA, que aprueba las “Normas para la elaboración de Documentos Normativos del Ministerio de Salud”.
- Resolución Ministerial N° 589-2007/MINSA, que aprobó el “Plan Nacional Concertado de Salud”. (12).
- Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM (31 MAR, 2014).
- Se aprueba la Aprobar la Guía para el Muestreo de Suelos y la Guía para la Elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos,
- DECRETO SUPREMO N° 002-2013-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.

- DECRETO SUPREMO N°015-2015-MINAM Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua-

2.3 HIPOTESIS

2.3.1 HIPOTESIS GENERAL:

- Los metales pesados generados en los lixiviados contaminarán el medio ambiente de las áreas aledañas al botadero municipal de la ciudad de Juanjuí.

2.3.2 HIPOTESIS ESPECIFICOS:

- La identificación del tipo de contaminación al suelo que ocasionarán los metales pesados generados en el lixiviado en áreas aledañas al botadero municipal de la ciudad de Juanjuí.
- La concentración de los metales pesados generados en el lixiviado en el botadero contaminarán el suelo de las áreas aledañas al botadero municipal de la ciudad de Juanjuí.
- La concentración de los metales pesados generados en el lixiviado en el botadero municipal de la ciudad de Juanjuí contaminará las aguas del riachuelo.

2.4 DEFINICION DE TERMINOS

- **Disposición final:** Procesos u operaciones para tratar o disponer en un lugar los residuos sólidos, como última etapa de su manejo en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura. Constituye la última actividad del sistema de limpieza pública.
- **Relleno sanitario:** Lugar donde se efectúa la disposición final de los residuos sólidos en la superficie o bajo tierra, de acuerdo con técnicas de ingeniería para su adecuado confinamiento. Comprende la compactación, cobertura con tierra u

otro material inerte por lo menos diariamente, además del control de los gases y lixiviados con el fin de evitar la contaminación del ambiente y proteger la salud de la población.

- **Botadero:** Acumulación inapropiada de residuos sólidos en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas, rurales o baldías, lo que genera riesgos sanitarios o ambientales.
- **Lixiviado:** Líquido proveniente de los residuos, el cual se forma por reacción, arrastre o percolación y que contiene disueltos o en suspensión elementos o sustancias que se encuentren en los mismos residuos.
- **Caudal del lixiviados:** El caudal de lixiviados está en función de la precipitación pluvial, del contenido de humedad de los residuos sólidos y la producida en la descomposición.
- **Aguas de escorrentía:** Aguas que no penetran en el suelo o que lo hacen lentamente y que corren sobre la superficie del terreno después de la lluvia.
- **Balance de agua y generación del lixiviado en los vertederos:** El balance hidrológico implica la suma de todas las cantidades de agua que entran en el vertedero y la sustracción de las cantidades de agua consumidas en las reacciones químicas, así como la cantidad que sale en forma de vapor del agua. La cantidad potencial del lixiviado es la cantidad de agua en exceso sobre la capacidad de retención de la humedad del material en vertedero.
- **Movimiento del Lixiviado en vertederos sin aislamiento:** El lixiviado se encuentra en el fondo de los vertederos. Desde allí su movimiento en vertederos sin aislamiento es hacia abajo a través del estrato inferior, aunque también puede producirse algún movimiento lateral, según las características del material circundante. Por la importancia que tiene la infiltración vertical en la contaminación de aguas subterráneas.

- **Destino de los constituyentes de los lixiviados en la migración subsuperficial:** El mecanismo operativo para la reducción de los constituyentes encontrado en el lixiviado mientras migra a través del suelo subsuperficial incluye. Filtraciones mecánicas, precipitación y coprecipitación absorción (incluyendo intercambio iónico), intercambio gaseoso.
- **Ecotoxicología:** Todo botadero está asociado a ciertas sustancias dentro de las cuales se incluyen los metales pesados y cuando están disponibles en el ambiente de ordinario no cambian de lugar con rapidez ni experimentan detoxificación rápida a través de actividades metabólicas. De resultados de todo esto, se acumulan (Duffus 1983) y pueden ser potenciales contaminantes devastadores porque polucionan el aire, el agua y la tierra utilizados por las plantas y los demás eslabones de las redes tróficas (FAO, 2004).
- **Generalidades:** Entre los principales contaminantes ambientales metálicos están: Arsénico, Berilio, Cadmio, Zinc, Cobalto, Cobre, Cromo, Mercurio, Níquel, Plomo, Antimonio, Estaño, Selenio, Talio y Titanio (Moreno, 2003). Según Acuario et al. (1997), en el Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe, los contaminantes prioritarios que pudieran estar asociados a sitios peligrosos son: Cd, Cr, Hg, Ni, y Pb; así mismo, según la frecuencia de aparición en EE.UU., igualmente prioritarios son Cd, Cr, y Pb.

Los metales contenidos en los residuos depositados en los rellenos, debido al carácter ácido de los líquidos lixiviados, son disueltos y transportados (Greenpeace Argentina, 2004). La oxidación ácida de los metales pesados los transforma en óxidos fácilmente lixiviables en forma de sales tóxicas, contaminando las aguas y el suelo. La capacitación adecuada de este lixiviado evita que se contaminen diversos cursos de agua y napas (Varnero, 2011).

Los nutrientes y otros compuestos se presentan en un estado dinámico en el suelo, se añaden o remueven de manera continua mediante diversas vías, determinando así su fertilidad. Además, los elementos pueden retenerse con más o menos firmeza por enlaces químicos y físicos (Bidwell, 1979).

La disponibilidad para la solución del suelo, y por tanto para las plantas, de elementos en el complejo de intercambio depende de su energía de ligamiento, una medida de la firmeza con la cual de los aniones están retenidos.

Son considerados macronutrientes del suelo Ca, Mg, K, N, P y S y micronutrientes: Fe, Mn, B, Cu, Zn Mo y Cl (Bidwell, 179). Los metales pesados pueden resultar tóxicos a partir de una determinada concentración; su acumulación puede ocurrir en tallos, hojas y fruto. El Cd, Ni, Cu, Zn, son los metales más problemáticos debido a sus efectos negativos sobre el metabolismo y la fisiología de la planta (Acosta et al. 2003).

Cuando un contaminante entra en el suelo puede ser neutralizado, degradado o absorbido por procesos de adsorción específica o cambio iónico complejoado o precipitado (Gonzales, et al. 2003). La salida del sistema puede ser por volatilización, extracción por las cosechas, drenaje o procesos de erosión (Esakku, et al. 2003). Como resultado final se produce la retención o movilización de las sustancias, de manera que el suelo actúa, en mayor o menor medida a los organismos animales y vegetales (Ahumada & Schalscha, 1995 Helmke, 1999 Bonomelli et al. 2003; Gonzalez, et al. 2003).

Los metales pesados tienden a inmovilizarse en los suelos haciéndose poco disponibles para las plantas. Su persistencia en el terreno es mucho mayor que en otros compartimientos de la biosfera y su completa remoción es prácticamente imposible (Cabrera y Valseca, 2004). La solubilidad de los metales pesados en el suelo y aguas es controlada predominantemente por el pH (Ghosh and Singh 2005).

La sensibilidad de las especie a los metales pesados varía considerablemente. Las plantas vasculares son ligeramente más tolerantes (Rosa et al. 1999) y sus diferentes respuestas a los metales pesados pueden ser atribuidos a factores genéticos y fisiológicos; así como a las rutas toxicológicas y de destino ambiental de los tóxicos (Calow ,1993 en lannacone y Alvariño, 2005).

Entre los metales pesados existentes, algunos son micronutrientes esenciales para las plantas como Cu y el Zn, pero otros como Cd, Pb Cr, Ni, y Hg no lo son, y pueden a partir de una determinada concentración, resultar tóxicos. La acumulación de metales pesados puede ocurrir en tallos, hojas y fruto. El Cd, Ni, Cu, y Zn, son los metales más problemáticos debido a sus efectos negativos sobre el metabolismo y la fisiología de la planta (Acosta et al.2003). El Cd perturba la circulación del agua y de los nutrientes en las plantas (Nguyen et at, 2001).

La sensibilidad de las especies a los metales pesados varía considerablemente. Las plantas vasculares son ligeramente más tolerantes (Rosa et al, 1999) y sus diferentes respuestas a los metales pesados pueden ser atribuidas a factores genéticos y fisiológicos; así como a las rutas toxicológicas y de destino ambiental de los tóxicos (Calow, 1993 en Lannacone y Alvariño, 2005).

Estudios en plantas han demostrado que en altas concentraciones en Zn puede ser considerado fitotóxico, afectando directamente la productividad de cultivos y la fertilidad del suelo. Ventajosamente, los valores encontrados en el área de estudio son relativamente bajos en comparación con el valor de toxicidad.

Es preciso realizar análisis de metales pesados considerando el riesgo en la salud humana y el riesgo ecológico. En este capítulo, serán descritos los metales objeto de este estudio (Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb y Zn), sus aplicaciones, sus fuentes medioambientales, su biodisponibilidad y su toxicología.

Las fuentes medioambientales se refieren a los lugares donde se encuentran los elementos y de donde pueden ser emanados al ambiente. La vía de exposición indica el mecanismo por medio de cual el toxico entra en el organismo (ingestión, respiración, piel). La movilidad es la capacidad de transporte para trasladarse al resto de niveles tróficos. La ecotoxicología explica el efecto de los contaminantes en los ecosistemas y la biosfera en general.

Los metales descritos fueron escogidos por su importancia toxicológica y su incidencia en el medio ambiente, no solo porque son prioritarios, sino porque algunos de ellos tienden a bioconcentrarse o bioacumularse y podrían estar afectando a la red trófica.

- **Descripción de la Ecotoxicología de cada metal**

Cuadro 1. Ecotoxicología del cadmio

Metal	Generalidades y Aplicaciones	Fuentes Medioambiente y Vías de Exposición	Movilidad	Ecotoxicología
Cd	<ul style="list-style-type: none"> - Baterías. - Catalizador - Recubrimientos electrolíticos. - Pigmentos - Galvanizados y recubrimientos - Industria metalúrgica no férrea. 	<ul style="list-style-type: none"> - Humo de tabaco - Consumo de vegetales de terrenos contaminados - Ingestión e inhalación (absorción e más eficaz). 	<ul style="list-style-type: none"> - Más elevada que la mayoría de metales pesados. - Relativa solubilidad de sus sales e hidróxidos - Solubilidad aumenta en medios ácidos - Adsorción a suelos y sedimentos se incrementa al aumentar pH. 	<ul style="list-style-type: none"> - Absorción vegetal eficaz. - Efectos tóxicos agudos y crónicos clasificado como agente cancerígeno de grupo I por la IARC (1993)

Fuente: toxicología Ambiental (Moreno 2003)

Cuadro 2: Ecotoxicología del Cobre

Metal	Generalidades y Aplicaciones	Movilidad	Ecotoxicología
Cu	<ul style="list-style-type: none"> - Nutriente esencial. - Amplia distribución y uso. - Material de construcción (techumbres y tuberías). - Baterías, aleaciones, equipos químicos y farmacéuticos. - Pigmento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Forma enlaces con compuestos sólidos de los suelos y sedimentos. - Menos sensible al pH (suelo). - Forma enlaces fuertes con la materia orgánica. - Prácticamente inmóvil. - Apenas se incorpora a lixiviados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Poca tendencia a la bioconcentración en organismos acuáticos. - No se biomagnifica. - Efectos tóxicos. - No existen evidencias de efectos cancerígenos.

Fuente: Toxicología Ambiental (Moreno 2003)

Cuadro 3: Ecotoxicología del Cromo

Metal	Generalidades y Aplicaciones	Fuentes Medioambientales y Vías de Exposición	Movilidad	Ecotoxicología
Cr	<ul style="list-style-type: none"> - Abundante. - Obtención de acero inoxidable. - Cubrimientos electrolíticos. - Fabricación de cerámica refractaria. - Tenería y elaboración de pigmentos y tintes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Relacionadas con sus aplicaciones industriales. 	<ul style="list-style-type: none"> - La mayor parte de Cr es insoluble en suelos o aguas superficiales. - Puede formar precipitados o puede ser adsorbido a la fracción sólida de suelos y sedimentos. - Movilidad limitada y depende del contenido de arcillas, presencia de óxido de hierro y materia orgánica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Clasificado como agente cancerígeno del grupo I por la IARC cuando la exposición se produce por vía inhalación.

Fuente: toxicología Ambiental (Moreno 2003)

Cuadro 4: Ecotoxicología del Mercurio

Metal	Generalidades y Aplicaciones	Fuentes Medioambientales y Vías de Exposición	Movilidad	Ecotoxicología
Hg	<ul style="list-style-type: none"> - Uso limitado. - Aplicaciones históricas en metalurgia y como fungicida. - Fabricación de pilas, lámparas, fluorescentes y material para empastes dentales, 	<ul style="list-style-type: none"> - Procesos naturales de volatilización. - Vertidos de industria metalúrgica y cloro-alcalina. - Residuos domésticos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Puede vaporizarse de nuevo a la atmósfera. - Adsorción a suelos y sedimentos. - Capaz de lixiviarse hacia aguas subterráneas. - Movilidad limitada por materia orgánica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tendencia a la bioconcentración y biomagnificación. - Apenas se produce translocación de Hg a la parte aérea de la planta. - El Hg elemental y de los compuestos de Hg inorgánico no son cancerígenos. - Los compuestos de metilmercurio se clasifican en el grupo 28 por la IARC (posiblemente cancerígeno para los humanos).

Fuente: toxicología Ambiental (Moreno 2003)

Cuadro 5: Ecotoxicología del Níquel

Metal	Generalidades y Aplicaciones	Fuentes Medioambientales y Vías de Exposición	Movilidad	Ecotoxicología
Ni	<ul style="list-style-type: none"> - Abundante. - Fabricación de acero inoxidable. - Recubrimiento electrolítico y catalizador. - Pilas de Ni y Cd. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cenizas de combustión del carbón. - Residuos de fundición. - Fangos de depuradora. - Residuos urbanos. - Extracción de minerales. - Niquelado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se adsorbe a suelos y sedimentos. - Adsorción irreversible en suelos básicos. - Adsorción influida por Ph 	<ul style="list-style-type: none"> - Baja tendencia a bioconcentración en organismos acuáticos. - No se biomagnifica. - Clasificados por la IARC en el grupo I de agentes cancerígenos.

Fuente: toxicología Ambiental (Moreno 2003)

Cuadro 6: Ecotoxicología del Plomo

Metal	Generalidades y Aplicaciones	Fuentes Medioambientales y Vías de Exposición	Movilidad	Ecotoxicología
Pb	<ul style="list-style-type: none"> - Abundante. - Uso histórico. - Baterías. - Monitores y pantallas de televisión. - Anticorrosivo. - Soldaduras. - Municiones, cables y vidrios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conservas. - Ingestión de agua procedente de fuentes naturales o del material de tuberías o soldaduras. - Inhalación de humo y partículas generadas en combustibles industriales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Retenido en capa superficial del suelo. - No se lixivia fácilmente. - Forma precipitados y compuestos solubles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidad limitada. - Se bioconcentra. - No se biomagnifica. - Efectos crónicos y agudos. - Clasificado por la IARC en el grupo 2B (posiblemente cancerígeno para los humanos)

Fuente: toxicología Ambiental (Moreno 2003)

Cuadro 7: Ecotoxicología del Zinc

Metal	Generalidades y Aplicaciones	Fuentes Medioambientales y Vías de Exposición	Movilidad	Ecotoxicología
Zn	<ul style="list-style-type: none"> - Abundante - Nutriente esencial. 	<ul style="list-style-type: none"> - Asociado al tamaño de las partículas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tiende a adsorberse en suelos y aguas. - Forma complejos con materia orgánica disuelta, como los ácidos húmicos. - Movilidad depende del pH. - Se incorpora al lixiviado - Puede contaminar agua subterránea 	<ul style="list-style-type: none"> - No se bioconcentra. - No se bioacumula. - Fitotóxico. - Posibles efectos tóxicos. - Grupo D (no clasificable respecto a su actividad cancerígena) por la USEPA.

Fuente: toxicología Ambiental (Moreno 2003)

2.5 IDENTIFICACION DE VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE:

- Metales pesados generados en el lixiviado.

VARIABLE DEPENDIENTE:

- Contaminación del medio ambiente de las áreas aledañas al botadero municipal de la ciudad de Juanjuí.

VARIABLE INTERVINIENTES

- Condiciones meteorológicas.
- Topografía.
- Tipo de suelo

2.6 DEFINICION OPERATIVA DE VARIABLES E INDICADORES

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
<p>Variable Independiente:</p> <p>Metales pesados generados en los lixiviados.</p>	<p>Lixiviado: “es un líquido residual que se genera en la descomposición bioquímica de los residuos o como resultado de la percolación de agua desde fuentes externas (drenaje superficial, lluvia, aguas subterráneas, a través de los residuos en procesos de degradación, extrayendo materiales disueltos o en suspensión. Este líquido tiende a salir por gravedad, por la parte inferior del botadero o Relleno Sanitario.</p>	<p>Formación, escorrentía y percolación de lixiviados.</p>	<p>Estudios previos relacionados con la presencia de metales pesados en los lixiviados</p>	<p>Concentración de metales pesados en los lixiviados</p>
<p>Variable dependiente:</p> <p>Contaminación del medio ambiente de las áreas aledañas al botadero municipal de la ciudad de Juanjuí.</p>	<p>La contaminación del agua y degradación de los suelos se debe a muchas causas como: lixiviados de sólidos, deforestación, erosión, emisión de olores fétidos, entre otros.</p>	<p>Consecuencias en la contaminación del agua, los suelos y su influencia en los moradores de áreas aledañas al botadero.</p>	<p>Presencia de metales pesados en el agua, en los suelos del botadero y lugares aledaños al mismo</p>	<p>Concentración de metales pesados en el agua, los suelos.</p>

Cuadro 8: Operacionalización de variables

Fuente: Elaboración propia 2016

CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1 AMBITO DE ESTUDIO:

▪ ESPACIAL:

La ubicación del presente trabajo de investigación se encuentra ubicado en:

- **Sector** : La Victoria
- **Distrito** : Juanjuí
- **Provincia** : Mariscal Cáceres.
- **Región** : San Martín.
- **Región Geográfica** : Selva Alta o Rupa Rupa.
- **Coordenadas Geográficas** : 308678 E
: 9210510 N
- **Altitud** : 276 m.s.n.m.

▪ TEMPORAL

El periodo de la investigación, se realizó por un periodo de ocho (08) meses de duración comprendido entre el mes de abril a Noviembre del año 2016.

▪ SOCIAL

La presente investigación ayudará a identificar el grado de contaminación del agua y el suelo y consecuencias que trae sobre la calidad de vida de la población aledaña al botadero y por ende a la ciudad de Juanjuí.

Asimismo los datos del presente trabajo de investigación serán útiles a la municipalidad provincial de Mariscal Cáceres para una posterior implementación de un tratamiento de lixiviados.

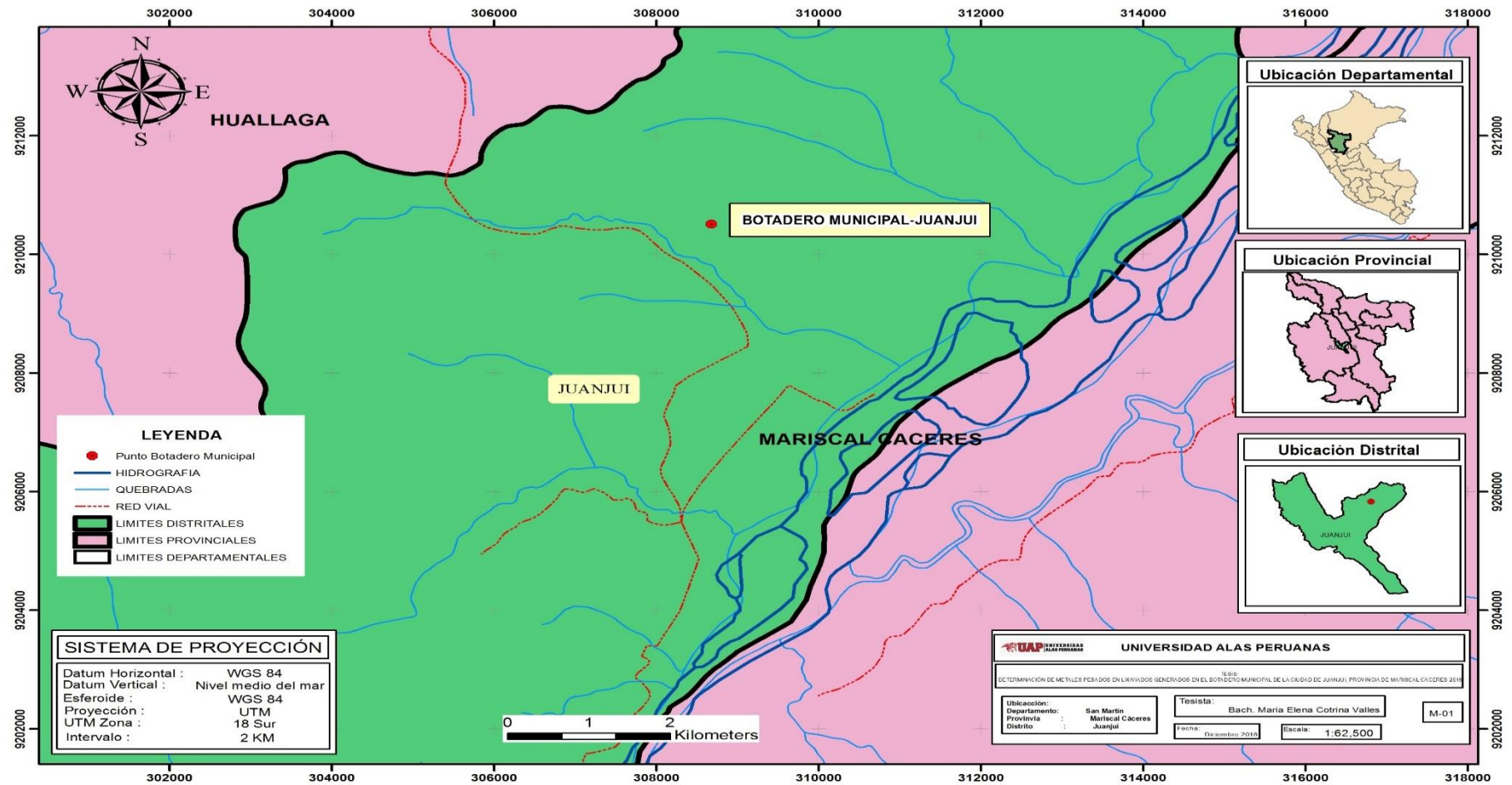


Figura 1: Mapa del punto de ubicación del Botadero municipal de la ciudad de Juanjui
 Fuente: Elaboración propia. (2016)

3.2 TIPO DE INVESTIGACION

El presente trabajo de investigación es de tipo DESCRIPTIVA, según la tendencia de la investigación que se busca medir, evaluar o recolectar datos sobre diversos aspectos, dimensiones y componentes del fenómeno a investigar. Con la finalidad de recolectar toda la información que obtengamos para poder llegar al resultado de la investigación. **(Hernández et al., 2003)**

3.3 NIVEL DE INVESTIGACION:

Por el nivel de Investigación se trata de una Investigación de nivel Descriptiva, que tiene como objetivo la descripción de los fenómenos a investigar, tal como es y cómo se manifiesta en el momento (presente) de realizarse el estudio y utiliza la observación como método descriptivo, buscando especificar las propiedades importantes para medir y evaluar aspectos, dimensiones o componentes. **(Sánchez et al., 2006)**

3.4 METODO DE INVESTIGACION:

Para realizar el trabajo de investigación, se considerará las siguientes etapas:

▪ ETAPA 1: RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA

En esta etapa se realizará la investigación bibliográfica referida al tema de investigación; así como el contacto con los laboratorios especializados para los análisis correspondientes.

▪ ETAPA 2: IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA PARA LA TOMA DE DATOS

En esta etapa se identificará el área del botadero donde se realizará el estudio, con la finalidad de determinar la ubicación de los puntos mediante la Georeferenciación respectiva con la ayuda de un GPS, así como la elaboración de mapas de ubicación respectiva.

▪ **ETAPA 3: GEOREFERENSIACIÓN**

La Georeferenciación se realizará en los puntos de muestreo.

▪ **ETAPA 4: TOMA DE MUESTRA.**

En esta etapa se realizará el muestreo respectivo en la época de lluvia y la de estiaje, una toma en cada mes.

Se ha procedido seguir correctamente las normas y procedimientos para la correcta toma (captación), traslado y preservación de las muestras, realizando el procedimiento:

- Se realizó la homogenización de muestras, recolectando en tres puntos de cada poza, fueron mezclados y homogenizados.
- Se recolectaron en botellas de vidrio de color oscuro de 1000 mL de capacidad y tapa hermética.
- Una vez recolectada la muestra se procedió a colocarlos en una caja cooler con hielo, todo ello según el protocolo de muestreo.
- Las muestras fueron enviadas al laboratorio SANTA FE de la ciudad de Trujillo, dicho laboratorio realizan análisis Microbiológicos, Físico-Químicos, Bromatológicos y otros.

▪ **ETAPA 5: GENERACIÓN DE UNA BASE DE DATOS**

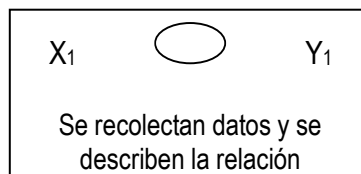
Sistematización de los resultados obtenidos en campo, para sus respectivos análisis comparativos con los Estándares de calidad del suelo (ECAs) de la normativa vigente nacional e internacional.

▪ **ETAPA 6: REDACCIÓN E IMPRESIÓN DEL INFORME FINAL**

Una vez obtenida los resultados y realizados el análisis se procederá a la redacción e impresión del informe final que será presentado ante la escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad Alas Peruanas-Filial Tarapoto, para la designación del jurado, para la sustentación respectiva.

3.5 DISEÑO DE INVESTIGACION

Esta investigación tiene un diseño no experimental, por lo que se pretende observar los fenómenos tal como se dan en su realidad natural, para luego ser analizados:



3.6 POBLACIÓN, MUESTRA, MUESTREO

▪ POBLACIÓN:

Según Levin & Rubin (1996), una población "es el conjunto de todos los elementos que se estudian y acerca de los cuales se intenta sacar conclusiones". El concepto de población en estadística, se precisa como un conjunto finito o infinito de personas u objetos que presentan características comunes.

Para esta investigación se tomó como criterio para definir la población, todos los lixiviados, generados en el botadero municipal de la ciudad de Juanjuí.

▪ MUESTRA:

La distribución de los puntos de muestreo se realizará tomando como referencia el modelo conceptual. Y corresponde a las tomas muestrales (unidad de muestra) de las pozas existentes, teniendo en consideración la recolección de las mismas.

▪ MUESTREO:

El muestreo se realizó de las pozas en las épocas de lluvia y estiaje, una toma en cada mes, ubicadas en el botadero municipal de la ciudad de Juanjuí.

3.7 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS:

Según, Arias (2006: 53), “las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información”. Son ejemplos de técnicas, la observación directa, la encuesta y la entrevista, el análisis documental, de contenido, entre otros. En cuanto a los instrumentos, el autor citado anteriormente afirma que: “son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información” ejemplo de ellos son: formatos de cuestionarios y guías de entrevistas.

3.7.1 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

- **OBSERVACIÓN DIRECTA:**

Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis. La observación es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos.

Esta técnica es fundamental para el desarrollo de la presente investigación ya que se necesitará observar el lugar para observar la escorrentía de los lixiviados.

- **ANÁLISIS DOCUMENTAL:**

En cuanto a los instrumentos utilizados para la revisión documental, se recopiló los datos de los diferentes textos, fuentes, autores y otros elementos; destacándose los juicios u opiniones personales de los investigadores para confrontarlo con las opiniones de los autores consultados, y las fichas de campo en donde se recopiló la información que se obtuvo del medio directamente. Se revisó la información relevante obtenida, esta técnica nos permite evaluar los resultados y poder sacar un diagnóstico de la situación vigente en el botadero de la ciudad de Juanjuí.

Esta información es de vital importancia ya que de los resultados del análisis de la misma se puede comprobar la hipótesis.

- **ENTREVISTAS SEMI-ESTRUCTURADAS:**

Técnica orientada a obtener información de forma oral y personalizada sobre acontecimientos vividos y aspectos subjetivos de los informantes en relación a la situación que se está estudiando”

Al igual que la observación, es de uso bastante común en la investigación, ya que buena parte de los datos obtenidos se logran por entrevistar. Al respecto, Tamayo y Tamayo (2008: 123), dice que la entrevista “es la relación establecida entre el investigador y su objeto de estudio a través de individuos o grupos con el fin de obtener testimonios orales. Las entrevistas semi-estructuradas, serán dirigidas a pobladores involucrados con las áreas aledañas al botadero; así como autoridades involucradas en la disposición final de los residuos sólidos de la ciudad de Saposa y directivas de instituciones privadas y públicas entre otros.

3.7.2 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

- **FORMATOS DE CUESTIONARIOS O GUÍA DE ENTREVISTA:**

Tamayo y Tamayo (2008: 124), señala que “el cuestionario contiene los aspectos del fenómeno que se consideran esenciales; permite, además, aislar ciertos problemas que nos interesan principalmente; reduce la realidad a cierto número de datos esenciales y precisa el objeto de estudio”.

El cuestionario nos permitirá obtener información de las consecuencias que causan el botadero a pobladores que habitan en áreas aledañas, además que consecuencias generan los lixiviados en los cultivos, o incluir varias opciones de respuesta.

El cuestionario a utilizar tendrá preguntas cerradas y preguntas abiertas, que serán dicotómicas (dos posibilidades de respuesta) o incluir varias opciones de respuesta y se aplicarán por entrevista personal.

Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis.

- GPS GARMIN HCX.
- Laptop HP.
- Calculadora científica CASIO.
- Termómetro.

▪ **GUÍA DE OBSERVACIÓN:**

En la observación cuantitativa, a diferencia de la cualitativa, las variables a observar son especificadas y definidas antes de comenzar la recolección de los datos. Se enfoca en información que pueda ser evaluada por medio de los sentidos (datos visuales, auditivos, producto del tacto y el olfato). Así mismo, los observadores registran lo que perciben siguiendo reglas que se aplican invariablemente y deben minimizar su efecto sobre los registros e interacciones con los participantes observados (**Anastas, 2005**).

3.8 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de datos se refiere al uso de una gran diversidad de técnicas y herramientas que pueden ser utilizadas por el investigador para desarrollar los sistemas de información. El procedimiento de recolección de datos será:

- a) **Recolección de datos por fuentes primarias**; son aquellas en las que los datos provienen directamente de la población o muestra de la población

- b) Recolección de datos de fuentes secundarias;** son aquellas que parten de datos pre-elaborados, como pueden ser datos obtenidos de Internet, de medios de comunicación, información bibliográfica; estos serán por:
- **Observación directa:** Es cuando el investigador toma directamente los datos de la población, sin necesidad de cuestionarios, entrevistadores. Para la recolección de datos primarios se procederá básicamente por observación, por encuestas o entrevistas a los sujetos de estudio y por experimentación. Para reunir datos primarios, se recurrirá a un plan que exige tomar varias decisiones: los métodos e instrumentos de investigación, el plan de muestreo, los resultados de análisis de laboratorio.
 - **Observación indirecta:** Es indirecta cuando los datos no son obtenidos directamente por el investigador, ya que precisa de un cuestionario, entrevistador u otros medios para obtener los datos del estudio. Para lo que es preciso realizar una encuesta.
- c) Diagnóstico del lugar del botadero** y sus consecuencias en las áreas aledañas generadas por la disposición final de los residuos sólidos, así como la caracterización de los residuos sólidos.
- d) Información básica del suelo (potencialmente) contaminado,** comprendiendo los mapas de ubicación, planos de distribución de la infraestructura y construcciones realizadas en el sitio de acuerdo a la evaluación preliminar (investigación histórica e inspección del sitio)
- e) Resultados de los estudios previos** del tipo de suelo (potencialmente) contaminado.
- f) Determinación de las Áreas de Potencial Interés.** La sustentación de la ubicación y el número de puntos de muestreo, la profundidad y el volumen de muestra a coleccionar.

g) La estrategia y procedimiento de toma de muestras a realizar. Tipo y método de muestreo. Determinación de los parámetros a analizar en las muestras. Las técnicas, el equipo y los instrumentos a emplearse en el muestreo, que aseguren la homogeneidad y representatividad de las muestras. Tipo y características de la preservación y conservación de las muestras a emplearse, cadena de custodia.

3.9 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Una vez obtenida y recopilada la información se iniciará de inmediato a su procesamiento, esto implica el cómo ordenar y presentar de la forma más lógica e inteligible los resultados obtenidos con los instrumentos aplicados, de tal forma que la variable refleje el peso específico de su magnitud. “El procesamiento de los datos no es otra cosa que el registro de los datos obtenidos por los instrumentos empleados, mediante una técnica analítica en la cual se comprueba la hipótesis y se obtienen las conclusiones. Por lo tanto se trata de especificar el tratamiento que se dará a los datos, ver si se pueden clasificar, codificar y establecer categorías precisas con ellos (Tamayo M, 1999) Op Cit. En Aprender a Investigar-Capitulo 5. Pág. 103 sobre el particular Lourdes Munich sostiene “Consiste en determinar grupos, subgrupos, clases o categorías en las que puedan ser clasificadas las respuestas. La tabulación consiste en reunir los datos en tablas estadísticas”.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1 PRESENTACION DE RESULTADOS

Se presentan y se discuten los resultados obtenidos de los análisis de Laboratorio. De acuerdo a la metodología planteada.

Identificación de la muestra: agua de lixiviado de botadero (EPOCA DE ESTIAJE)

Tabla 03: Resultados del análisis N° 01, Fecha 06-Setiembre-2016, época de ESTIAJE

Parámetro	Unidad	LCM	RESULTADO
Plata (Ag)	mg/L	0.021	<LCM
Aluminio (Al)	mg/L	0.025	4.903
Arsénico (As)	mg/L	0.005	0.019
Boro (B)	mg/L	0.022	1.050
Bario (Ba)	mg/L	0.003	0.419
Berilio (Be)	mg/L	0.002	<LCM
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM
Calcio (Ca)	mg/L	0.124	234.60
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	0.004
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	0.021
Cromo (Cr)	mg/L	0.006	0.255
Cobre (Co)	mg/L	0.006	0.232
Hierro (Fe)	mg/L	0.020	14.79
Potasio (K)	mg/L	0.005	1275
Litio (Li)	mg/L	0.003	0.023
Magnesio (Mg)	mg/L	0.018	53.50
Manganeso (Mn)	mg/L	0.005	1.290
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.003	0.012
Níquel (Ni)	mg/L	0.006	0.045
Fósforo (P)	mg/L	0.024	34.18
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	0.038
Antimonio (Sb)	mg/L	0.007	<LCM
Selenio (Se)	mg/L	0.021	<LCM
Sílice (Si)	mg/L	0.104	29.03
Estaño (Sn)	mg/L	0.041	<LCM
Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	0.869
Titanio (Ti)	mg/L	0.005	0.132
Talio (Tl)	mg/L	0.004	<LCM
Uranio (U)	mg/L	0.004	0.004
Vanadio (V)	mg/L	0.004	0.074
Zinc (Zn)	mg/L	0.023	0.715
Mercurio (Hg)	mg/L	0.003	<LCM

Fuente: elaboración propia (Setiembre 2016).

Identificación de la muestra: agua de lixiviado con lluvia. EPOCA DE ESCORRENTÍA

Tabla 04 RESULTADOS DEL ANÁLISIS N° 02, Fecha 08-October-2016. Época de ESCORRENTIA.

Parámetro	Unidad	LCM	RESULTADO
Plata (Ag)	mg/L	0.021	<LCM
Aluminio (Al)	mg/L	0.025	4.903
Arsénico (As)	mg/L	0.005	0.019
Boro (B)	mg/L	0.022	1.050
Bario (Ba)	mg/L	0.003	0.419
Berilio (Be)	mg/L	0.002	<LCM
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM
Calcio (Ca)	mg/L	0.124	234.60
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	0.004
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	0.021
Cromo (Cr)	mg/L	0.006	0.255
Cobre (Co)	mg/L	0.006	0.232
Hierro (Fe)	mg/L	0.020	14.79
Potasio (K)	mg/L	0.005	1275
Litio (Li)	mg/L	0.003	0.023
Magnesio (Mg)	mg/L	0.018	53.50
Manganeso (Mn)	mg/L	0.005	1.290
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.003	0.012
Níquel (Ni)	mg/L	0.006	0.045
Fósforo (P)	mg/L	0.024	34.18
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	0.038
Antimonio (Sb)	mg/L	0.007	<LCM
Selenio (Se)	mg/L	0.021	<LCM
Sílice (Si)	mg/L	0.104	29.03
Estaño (Sn)	mg/L	0.041	<LCM
Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	0.869
Titanio (Ti)	mg/L	0.005	0.132
Talio (Tl)	mg/L	0.004	<LCM
Uranio (U)	mg/L	0.004	0.004
Vanadio (V)	mg/L	0.004	0.074
Zinc (Zn)	mg/L	0.023	0.715
Mercurio (Hg)	mg/L	0.003	<LCM

Fuente: elaboración propia. (Octubre 2016)

Tabla 05. IDENTIFICACION DE METALES PESADOS EN LOS LIXIVIADOS

CATEGORIA	1	2	3
Sub Categoría	A-1(mg/l)	D-1 (mg/l)	D-2 (mg/l)
Metal			
Antimonio	0.02	-	-
Arsénico	0.01	0.1	0.2
Cadmio	0.003	0.01	0.05
Cromo(Total)	0.05	0.1	1
Mercurio	0.001	0.001	0.01
Níquel	0.07	0.2	1
Plomo	0.01	0.05	0.05

Fuente: Ministerio de Ambiente (DECRETO SUPREMO N°015-2015-MINAM)

A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

D-1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo.

D-2: Bebidas de animales

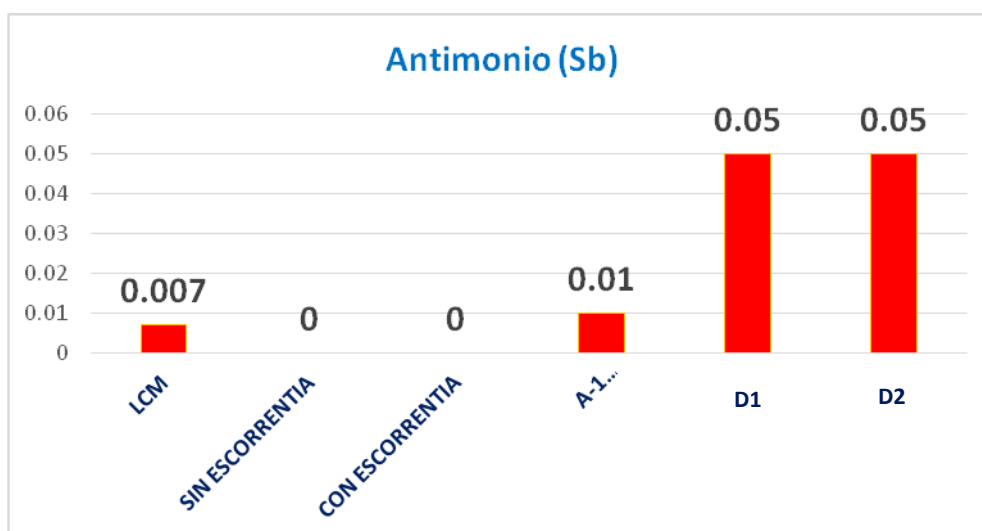


GRAFICO 02: Comparación de los valores obtenidos en los análisis en época de Estiaje y de Escorrentía para el metal pesado ANTIMONIO con la ECA para la calidad ambiental de agua (D.S. N°015-2015-MINAM), observamos que NO EXISTE LA PRESENCIA DEL METAL PESADO

Fuente: elaboración propia.

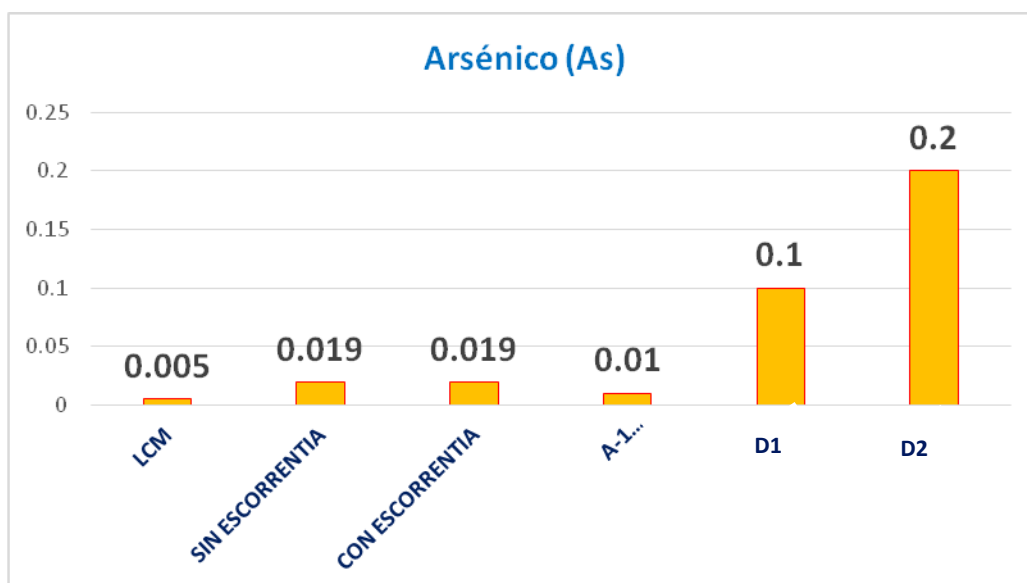


GRAFICO 03: Comparación de los valores obtenidos en los análisis en época de Estiaje y de Escorrentía para el metal pesado ARSÉNICO con la ECA para la calidad ambiental de agua (D.S. N°015-2015-MINAM), el metal pesado sobrepasa ligeramente para el agua a ser potabilizada.

Fuente: elaboración propia.

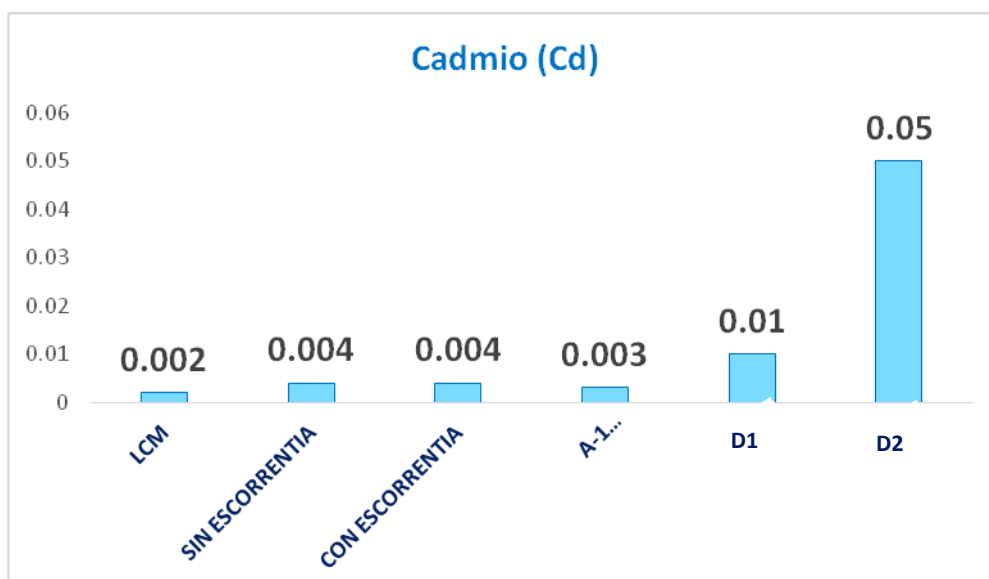


GRAFICO 04: Comparación de los valores obtenidos en los análisis en época de Estiaje y de Escorrentía para el metal pesado CADMIO con la ECA para la calidad ambiental de agua (D.S. N°015-2015-MINAM), sobrepasa ligeramente el estándar para el caso de agua a ser potabilizada.

Fuente: elaboración propia.

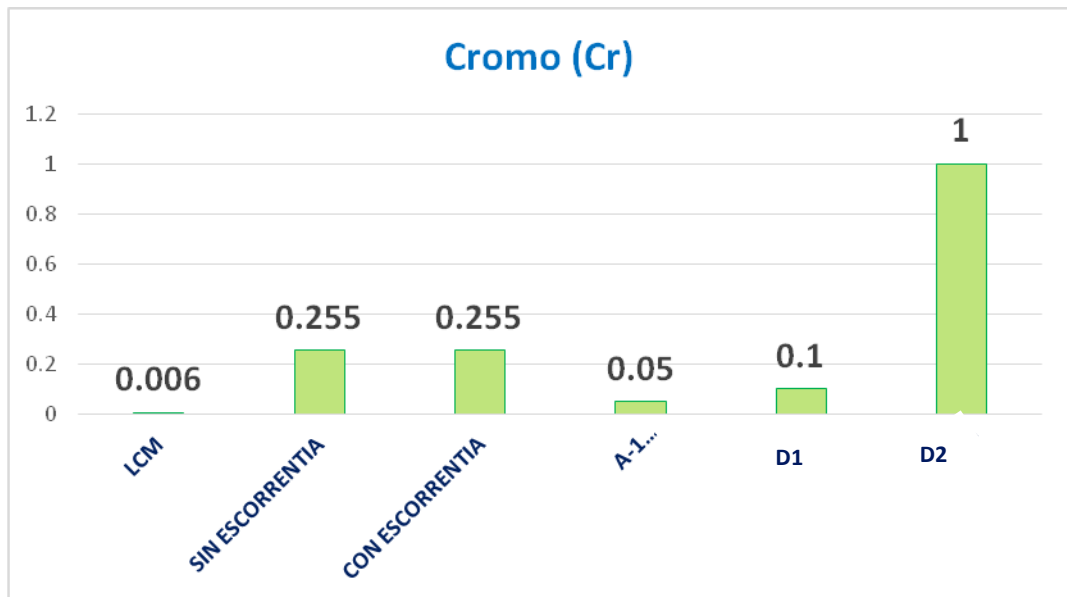


GRAFICO 05: Comparación de los valores obtenidos en los análisis en época de Estiaje y de Escorrentía para el metal pesado CROMO con la ECA para la calidad ambiental de agua (D.S. N°015-2015-MINAM), observamos que la presencia el metal pesado frente a la ECA para agua esta elevado.

Fuente: elaboración propia.

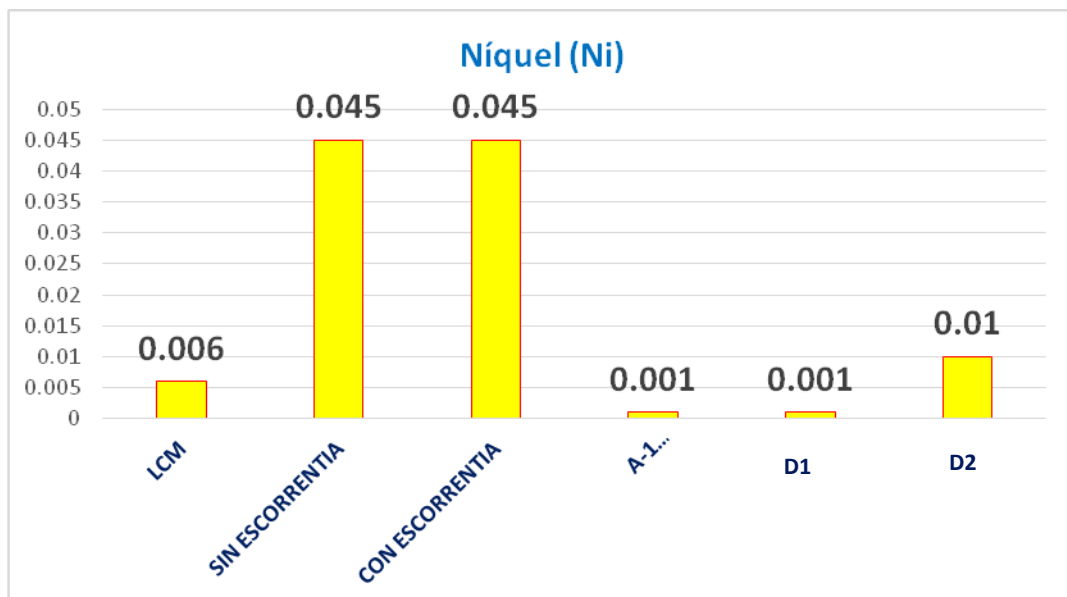


GRAFICO 06: Comparación de los valores obtenidos en los análisis en época de Estiaje y de Escorrentía para el metal pesado NÍQUEL con la ECA para la calidad ambiental de agua (D.S. N°015-2015-MINAM), Los valores son elevados de la presencia de METAL PESADO NIQUEL frente a la ECA, producto de las pilas y desechos electrónicos.

Fuente: elaboración propia.

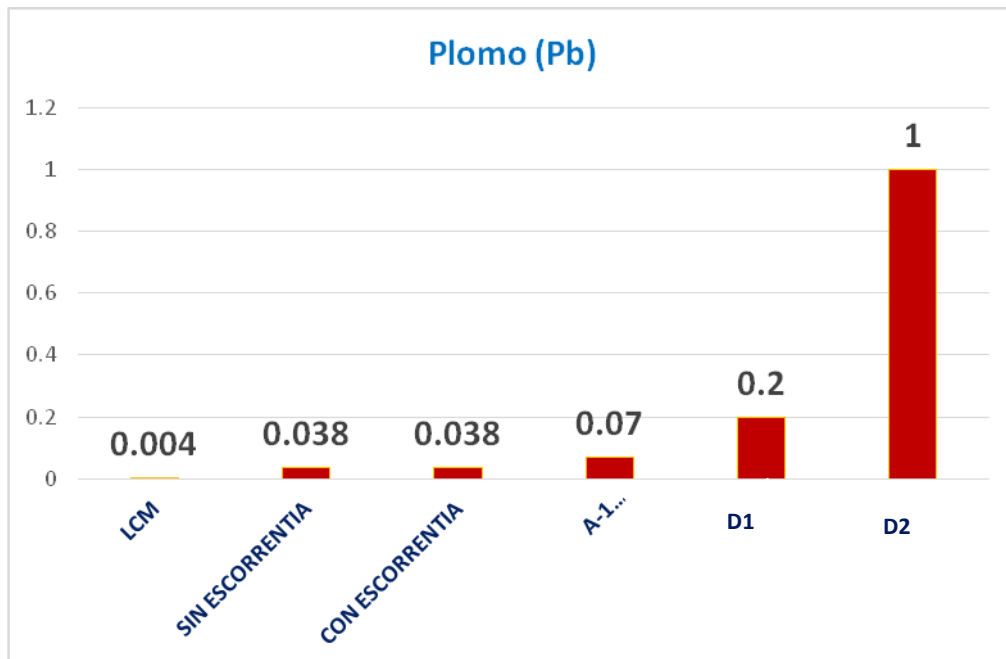


GRAFICO 07: Comparación de los valores obtenidos en los análisis en época de Estiaje y de Escorrentía para el metal pesado PLOMO con la ECA para la calidad ambiental de agua (D.S. N°015-2015-MINAM), Observamos que el METAL PESADO PLOMO SE ENCUENTRA POR DEBAJO DEL LIMITE por la ECA

Fuente: elaboración propia.

4.2 DISCUSION

Los lixiviados que se generan en los botaderos son altamente contaminantes. Presentan altas concentraciones de sustancias tóxicas y su composición varía con la edad. Como resultado de esto, representan un grave peligro medioambiental de contaminación de aguas superficiales y las aguas subterráneas, sino son tratadas adecuadamente (**Gonzales et al., 2005**); como ejemplo de lo antes mencionado encontramos en el estudio realizado en el botadero municipal, no existe ningún tratamiento previo in situ de los desechos sólidos acumulados, por lo tanto se obtuvo valores como tales como se muestra en las **Tablas N° 01 Y Tabla N° 02**, que según lo manifestado y evaluado la edad de funcionamiento de la misma hace que el peligro y riesgo ambiental crezca, siendo potencialmente perjudicial en los ecosistemas.

Los valores son elevados de la presencia de metal pesado Níquel frente a la ECA, producto de las pilas y desechos electrónicos que son dispuestos en el botadero municipal sin ningún control y tratamiento.

Uno de los factores que afecta directamente las características del lixiviado en cuanto a producción y concentración de contaminantes es el clima. Cuando llueve una parte del agua se pierde en la escorrentía superficial, otra se evotranspiración y el resto se filtra a través de los residuos sólidos del relleno siendo contaminada con los componentes orgánicos e inorgánicos que allí se encuentren, esta última entra a formar parte del lixiviado (**Mendoza y López, 2004**).

CONCLUSIONES

- 1) Determinar cualitativa y cuantitativamente seis de los ocho elementos considerados como contaminantes tóxicos en las ECAS para la calidad ambiental del agua.
- 2) Corroborar que al menos esos elementos no rebasan los límites máximos permitidos por las normas oficiales peruanas.
- 3) Comprobar el cuidado que debe tenerse en el botadero municipal de la ciudad de Juanjuí del manejo de los lixiviados que se generan.
- 4) Cabe aclarar que, aunque no se rebasan los límites máximos permitidos de los elementos analizados, no significa que no exista riesgo a la salud o al ambiente. Lo que representan los resultados de los análisis es el hecho de que la cantidad de contaminante que existe por litro de lixiviado no excede lo que marcan las normas legales vigentes.
- 5) El daño ocasionado por no tomar medidas preventivas puede ser muy grande con respecto a la salud y al ambiente.
- 6) Es importante estar analizando periódicamente las concentraciones de los contaminantes.
- 7) Se medirá el caudal de los lixiviados generados en el botadero municipal de la ciudad de Juanjuí.
- 8) Se logrará determinar el avance de la infiltración de los lixiviados en los suelos de los alrededores del botadero municipal de la ciudad de Juanjuí.
- 9) Mediante la evaluación de la contaminación bacteriológica y por metales pesados se logrará determinar los valores de los parámetros en los suelos.

RECOMENDACIONES

- 1) Es necesario continuar trabajando en el manejo de los residuos sólidos urbanos, concientizando a la población al manejo adecuado de los mismos.
- 2) Construir una planta de tratamiento de lixiviados, para que los mismos no sean expulsados de manera inconsciente al suelo.
- 3) Construir un relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos, tomando en cuenta el incremento poblacional.
- 4) Recuperar la zona contaminada a fin de mitigar el impacto en el ambiente.
- 5) Crear conciencia ambiental en la población para la segregación correcta de los residuos sólidos.
- 6) Realizar investigaciones sobre el efecto de los lixiviados sobre el suelo en el botadero de Juanjui.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

- 1) "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA LOCALIDAD DE SAPOSOA", Ing. Juan Carlos Cáceres Coral.
- 2) Estudio para la recuperación ambiental de la zona de Moravia en el municipio de Medellín – informe final., Mayo I, volumen 1-3, Centro de documentación, Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Medellín, Colombia. 2000.
- 3) "Guía Técnica para la Clausura y conversión de Botaderos de Residuos Sólidos", Organización Panamericana de Salud-Ministerio de Salud DIGESA, Lima – Perú, 2004
- 4) Tchobanoglous Agudelo G. Rubén; Tratabilidad de Lixiviados producidos en rellenos sanitarios, 1996 Medellín, Relleno Curva de Rodas. p. 54. Versión digital disponible:
- 5) Alloway, B.J. Heavy Metals in Soils, second ed. Blackie Academic & Professional, London. 1995.
- 6) Bourg, A.C.M. (1995): Speciation of heavy metals in soils and groundwater and implications for their natural and provoked mobility. In "Heavy Metals", W. Salomons, U. Förstner & P. Mader, eds. Springer-Verlag, Berlin, 19-31.
- 7) Hernández R; Fernández C; Baptista C: Metodología de la Investigación. Quinta Edición. Edit. McGrawHill... México. 2010.613p.
- 8) Anastas. Observation. En R.M. Grinnell y Y.A. Unrau /Eds). Social work: Reserch and evaluation. Quantitative and qualitative approaches.7ma Edición. New York. Oxford University Press. (2005)
- 9) Levin & Rubin. Estadística para Administradores. México: Editorial Prentice Hall. 1996
- 10) Arias, F. El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. (5ª ed.). Caracas, Venezuela: Editorial EPISTEME. 2006.

- 11) http://ofi.mef.gob.pe/appFD/Hoja/VisorDocs.aspx?file_name=10942_OPIMPHUAL_LAG_20111215_231454.pdf
- 12) <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/1617/Tesis%20582%20-%20Ch%C3%A9rez%20Gavilanes%20Diego%20Sebasti%C3%A1n.pdf?sequence=1>
- 13) FUERTES Héctor. Diseño de la Planta de tratamiento de Lixiviado, para el Relleno Sanitario de la Ciudad de Ibarra. Trabajo de Grado. Ingeniero Ambiental. Universidad Central del Ecuador. Escuela de Ingeniería Ambiental. Quito. 2008. p.71. Versión digital disponible: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1501>.
- 14) Galán, E. (2000): The role of clay minerals in removing and immobilising heavy metals from contaminated soils. In “Proceedings of the 1st Latin American Clay Conference”, vol. 1, C.
- 15) Gomes, ed. Funchal, 351-361.
- 16) Tchobanoglous Agudelo G. Rubén; Tratabilidad de Lixiviados producidos en rellenos sanitarios, 1996 Medellín, Relleno Curva de Rodas. p. 54. Versión digital disponible:
- 17) <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1501>.
- 18) “Guía Ambiental para Rellenos Sanitarios”, Ministerio del Ambiente, Colombia, 2002. Versión digital disponible: <http://www.cortolima.gov.co/SIGAM/cartillas/rellenossanitarios/Rellenos%20sanitarios%201.pdf>
- 19) Shanker, A.K., Cervantes, C, Loza-Tavera, H., Avudainayagam, S. Chromium toxicity in plants. Environment International 2005, pag. 31, 739– 753
- 20) ROJAS Sara. Diseño de un Relleno Sustentable para pequeñas Comunidades- Estudio de caso cantón Loreto Provincia de Orellana. Trabajo de Grado. Ingeniera Ambiental. Universidad Central del Ecuador. Escuela de Ingeniería Ambiental. Quito. 2007. p. 150

- 21) ROJAS Sara. Diseño de un Relleno Sustentable para pequeñas Comunidades- Estudio de caso cantón Loreto Provincia de Orellana. Trabajo de Grado. Ingeniera Ambiental. Universidad Central del Ecuador. Escuela de Ingeniería Ambiental. Quito. 2007. p. 151.
- 22) ARIAS, Rocío y BENAVIDES Verónica. Gestión de Residuos Sólidos en los Campos: Tierra Colorado, Yuca y Cononaco. Trabajo de Grado. Ingenieras Ambientales Universidad Central del Ecuador. Escuela de Ingeniería Ambiental. Quito.2003. p. 89.
- 23) Sanitario de la Ciudad de Ibarra. Trabajo de Grado. Ingeniero Ambiental. Universidad.
- 24) Central del Ecuador. Escuela de Ingeniería Ambiental. Quito. 2008. p.71
- 25) "Política Nacional de Salud Ambiental 2011-2020", Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud, Edición: 1°, Editada: ESCHA E.I.R.L., Año: Abril 2011. Versión digital disponible:
- 26) Ay Robertos, F.A., Brinckmann, W.E. & Ayllón Trujillo, M.T., (2008). Disposición final de residuos sólidos en los municipios de Benito Juárez e Isla Mujeres en Quintana Roo. Ingeniería, 14, 197-207.
- 27) Quinchoa, W. (2011). "El olor nos lleva": identidades ecológicas como un proceso de reconocimiento social y cultural de los recuperadores en el relleno sanitario regional de presidente, municipio de san pedro, departamento del valle. Revista de estudios sociales, 39, 55-69. Disponible en internet:
- 28) <http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=81518565005>Mendoza, P. & López, V. (2004). Estudio de la calidad del lixiviado del relleno sanitario la esmeralda y su respuesta bajo tratamiento en filtro anaerobio de flujo ascendente piloto. Cali, Colombia.
- 29) Sposito, G. (1989): The chemistry of soils. Oxford Univ. Press.

ARTICULO CIENTIFICO

“DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN LIXIVIADOS GENERADOS EN EL BOTADERO MUNICIPAL DE LA CIUDAD DE JUANJUI, PROVINCIA DE MARISCAL CÁCERES, REGIÓN SAN MARTÍN-2016”

RESUMEN

La generación de lixiviados en los rellenos sanitarios y botaderos afecta en forma directa al medio ambiente por sus componentes, de tal manera que la prevención o minimización de la contaminación es de suma importancia de cada gobierno local; y deben realizar estudios y evaluar constantemente mediante planes de gestión ambiental, ya que por los involucrados directamente.

Se realizó los análisis para la determinación de metales pesados en el lixiviado generados en el botadero municipal de la ciudad de Juanjui, Provincia de Mariscal Cáceres de la Región San Martín en el año 2016, en la época de estiaje y escorrentía.

Luego de la determinación de la presencia de metales pesados en el botadero, se recomienda a la autoridad local formulen el plan de cierre, por ser un peligro latente a la contaminación del agua, suelo y atmosfera más aun a la población circundante se precisas que debe evaluarse años a año y adecuar un plan de manejo de residuos sólidos urbano debido a su incremento y por ende la generación de los lixiviados va en aumento.

Palabras clave: Lixiviado, Metales Pesados, Niveles de Concentración, Contaminación, Límites Máximos Permisibles, Medio Ambiente, Estándares de Calidad Ambiental.

DETERMINATION OF HEAVY METALS IN LIXIVIATED GENERATED IN THE MUNICIPAL DUMPING OF THE CITY JUANJUI, MARISCAL CACERES PROVINCE OF THE REGION SAN MARTIN IN THE YEAR 2016

ABSTRACT

The generation of lixiviated in the landfill sites and dumpings affect in direct way to the environment for their components, so the prevention or minimization of contamination is of major importance of each local government; they should accomplish studies and evaluating constantly by means of plans of environmental gestion, since for the implicated directly.

It carried on the analysis for the determination of heavy metals in the lixiviated generated in the municipal dumping of the city of Juanjui, Mariscal Cáceres Province of the Region San Martín in the year 2016, in the period of low water and run-off.

After the determination of the presence of heavy metals in the dumping, it is recommended to the local government formulate the final plan, in order to be an imminent danger to the water pollution, soil and atmosphere; more even, to the surrounding population It is described in detail that it should be evaluated year by year and making a plan of urban solid waste management due to its increment and whereby the generation of the lixiviated goes on the rise.

Keywords: Lixiviated, Heavy metal, Levels of concentration, Pollution, Maximum Permissible limits, Environment, Environmental Quality Standards.

INTRODUCCIÓN

La basura que generamos diariamente es un reflejo de nuestra sociedad, de nuestro estilo de vida, costumbres y conciencia ecológica y es por tanto tan diversa como nuestras comunidades (Cossu, 2009). La producción de basura no fue un tema de preocupación cuando nuestra población era relativamente pequeña y nómada. Sin embargo, en la actualidad nuestro crecimiento poblacional y desarrollo tecnológico han cambiado dicha situación, al punto que la disposición de las basuras es un tema de vital importancia en nuestro planeta. A pesar que la información sobre producción de residuos a niveles locales y globales es incompleta, se estima que hacia el año 2000, la producción mundial de residuos sólidos sobrepasó dos billones de toneladas al año. Las dimensiones del problema se ejemplifican muy bien en el caso de Estados Unidos, donde en el 2006 se estimó una producción de 228 millones de toneladas de residuos sólidos, o más de 0.7 ton/persona/año (EPA, 2008; Gusta, 2009).

Los basureros, muchos localizados cerca de cuerpos de agua o establecidos sin las consideraciones técnicas adecuadas en cualquier espacio disponible, han sido asociados con problemas de salud pública y detrimento ambiental. Esto obedece a que tanto en los botaderos a cielo abierto, como en los rellenos sanitarios, se acumulan altas cantidades de desechos y contaminantes orgánicos e inorgánicos y además se presentan condiciones que favorecen la reproducción de moscas y mosquitos quienes actúan como vectores de varias enfermedades que afectan la salud humana, (Vrijheid, 2000).

Dentro de los contaminantes presentes en los botaderos y rellenos sanitarios se encuentran los metales pesados, elementos metálicos con densidad mayor a 6g/cm³, ampliamente reconocidos por sus efectos adversos sobre el ambiente y la salud de la población. Los metales pesados contaminan las fuentes de agua y los suelos entre otros componentes del ambiente, se transfieren a las plantas y animales y por consiguiente entran y se

acumulan en la red alimenticia (World Health Organization 2000, y World Health Organization 2007).

MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

Para realizar el trabajo de investigación, se considerará las siguientes etapas:

ETAPA 1: RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA

En esta etapa se realizará la investigación bibliográfica referida al tema de investigación; así como el contacto con los laboratorios especializados para los análisis correspondientes.

ETAPA 2: IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA PARA LA TOMA DE DATOS

En esta etapa se identificará el área del botadero donde se realizará el estudio, con la finalidad de determinar la ubicación de los puntos mediante la Georeferenciación respectiva con la ayuda de un GPS, así como la elaboración de mapas de ubicación respectiva.

ETAPA 3: GEOREFERENCIACIÓN

La Georeferenciación se realizará en los puntos de muestreo.

ETAPA 4: TOMA DE MUESTRA.

En esta etapa se realizará el muestreo respectivo en la época de lluvia y la de estiaje, una toma en cada mes.

Se ha procedido seguir correctamente las normas y procedimientos para la correcta toma (captación), traslado y preservación de las muestras, realizando el procedimiento:

Se realizó la homogenización de muestras, recolectando en tres puntos de cada poza, fueron mezclados y homogenizados.

Se recolectaron en botellas de vidrio de color oscuro de 1000 mL de capacidad y tapa hermética.

Una vez recolectada la muestra se procedió a colocarlos en una caja cooler con hielo, todo ello según el protocolo de muestreo.

Las muestras fueron enviadas al laboratorio SANTA FE de la ciudad de Trujillo, dicho laboratorio realizan análisis Microbiológicos, Físico-Químicos, Bromatológicos y otros.

ETAPA 5: GENERACIÓN DE UNA BASE DE DATOS

Sistematización de los resultados obtenidos en campo, para sus respectivos análisis comparativos con los Estándares de calidad del suelo (ECAs) de la normativa vigente nacional e internacional.

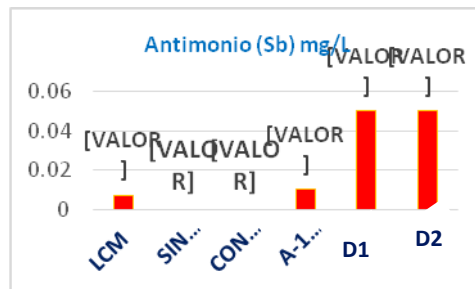
ETAPA 6: REDACCIÓN E IMPRESIÓN DEL INFORME FINAL

Una vez obtenida los resultados y realizados el análisis se procederá a la redacción e impresión del informe final que será presentado ante la escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad Alas Peruanas-Filial Tarapoto, para la designación del jurado, para la sustentación respectiva.

RESULTADOS

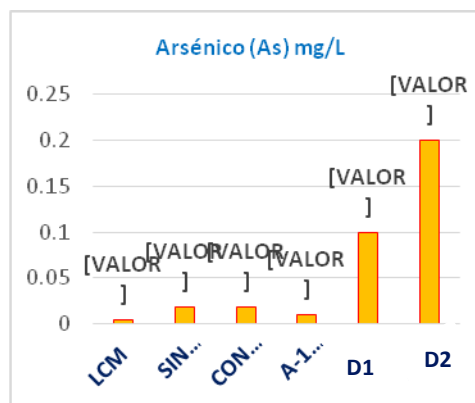
Se presentan y se discuten los resultados obtenidos de los análisis de Laboratorio. De acuerdo a la metodología planteada.

FIGURA N° 01: Comparación de los valores obtenidos en los análisis en época de Estiaje y de Escorrentía para el metal pesado ANTIMONIO con la ECA para la calidad ambiental de agua (D.S. N°015-2015-MINAM), observamos que NO EXISTE LA PRESENCIA DEL METAL PESADO



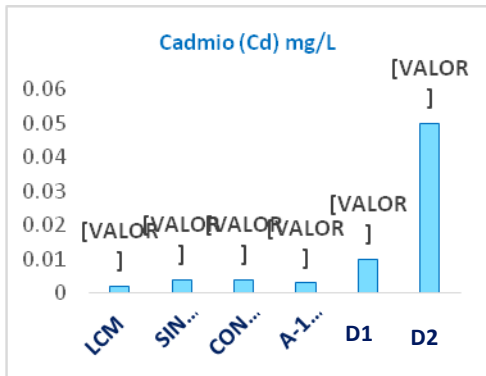
Fuente: elaboración propia.

FIGURA N° 02: Comparación de los valores obtenidos en los análisis en época de Estiaje y de Escorrentía para el metal pesado ARSÉNICO con la ECA para la calidad ambiental de agua (D.S. N°015-2015-MINAM), el metal pesado sobrepasa ligeramente para el agua a ser potabilizada.



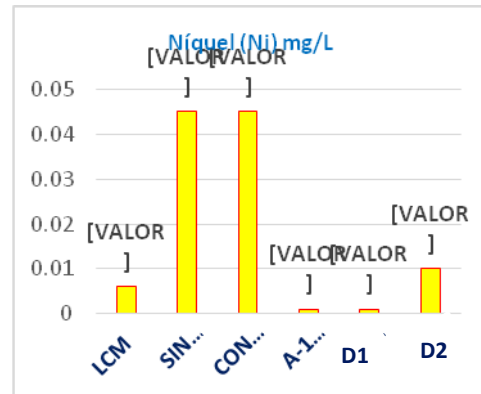
Fuente: elaboración propia.

FIGURA N° 03: Comparación de los valores obtenidos en los análisis en época de Estiaje y de Escorrentía para el metal pesado CADMIO con la ECA para la calidad ambiental de agua (D.S. N°015-2015-MINAM), sobrepasa ligeramente el estándar para el caso de agua a potabilizada.



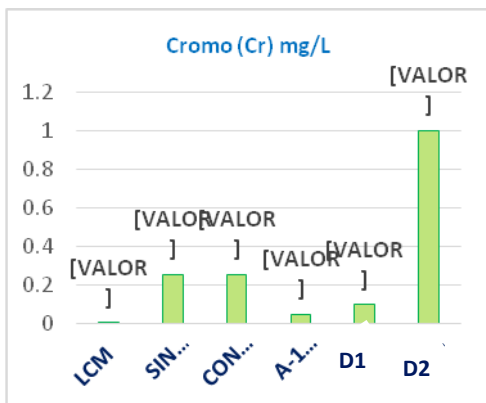
Fuente: elaboración propia.

FIGURA N° 04: Comparación de los valores obtenidos en los análisis en época de Estiaje y de Escorrentía para el metal pesado CROMO con la ECA para la calidad ambiental de agua (D.S. N°015-2015-MINAM), observamos que la presencia el metal pesado frente a la ECA para agua esta elevado.



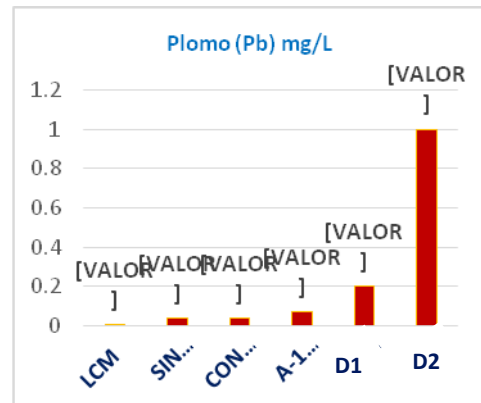
Fuente: elaboración propia.

FIGURA N° 06: Comparación de los valores obtenidos en los análisis en época de Estiaje y de Escorrentía para el metal pesado PLOMO con la ECA para la calidad ambiental de agua (D.S. N°015-2015-MINAM), Observamos que el METAL PESADO PLOMO SE ENCUENTRA POR DEBAJO DEL LIMITE por la ECA



Fuente: elaboración propia.

FIGURA N° 05: Comparación de los valores obtenidos en los análisis en época de Estiaje y de Escorrentía para el metal pesado NÍQUEL con la ECA para la calidad ambiental de agua (D.S. N°015-2015-MINAM), Los valores son elevados de la presencia de METAL PESADO NIQUEL frente a la ECA, producto de las pilas y desechos electrónicos.



Fuente: elaboración propia.

DISCUSION

Los lixiviados que se generan en los botaderos son altamente contaminantes. Presentan altas concentraciones de sustancias tóxicas y su composición varía con la edad. Como resultado de esto, representan un grave peligro medioambiental de contaminación de aguas superficiales y las aguas subterráneas, sino son tratadas adecuadamente (Gonzales et al., 2005) Como ejemplo de lo antes mencionado encontramos en el estudio realizado en el botadero municipal, no existe ningún tratamiento previo in situ de los desechos sólidos acumulados, por lo tanto se obtuvo valores como tales

como se muestra en las **Tablas N° 01 Y Tabla N° 02**, que según lo manifestado y evaluado la edad de funcionamiento de la misma hace que el peligro y riesgo ambiental crezca, siendo potencialmente perjudicial en los ecosistemas.

Uno de los factores que afecta directamente las características del lixiviado en cuanto a producción y concentración de contaminantes es el clima. Cuando llueve una parte del agua se pierde en la escorrentía superficial, otra se evotranspiración y el resto se filtra a través de los residuos sólidos del relleno siendo contaminada con los componentes orgánicos e inorgánicos que allí se encuentren, esta última entra a formar parte del lixiviado (**Mendoza y López, 2004**).

CONCLUSIONES

- 1) Determinar cualitativa y cuantitativamente seis de los ocho elementos considerados como contaminantes tóxicos en las ECAS para la calidad ambiental del agua.
 - 2) Corroborar que al menos esos elementos no rebasan los límites máximos permitidos por las normas oficiales peruanas.
 - 3) Comprobar el cuidado que debe tenerse en el botadero municipal de la ciudad de Juanjuí del manejo de los lixiviados que se generan.
 - 4) Cabe aclarar que, aunque no se rebasan los límites máximos permitidos de los elementos analizados, no significa que no exista riesgo a la salud o al ambiente. Lo que representan los resultados de los análisis es el hecho de que la cantidad de contaminante que existe por litro de lixiviado no excede lo que marcan las normas legales vigentes.
 - 5) El daño ocasionado por no tomar medidas preventivas puede ser muy grande con respecto a la salud y al ambiente.
- 6) Es importante estar analizando periódicamente las concentraciones de los contaminantes.
 - 7) Se medirá el caudal de los lixiviados generados en el botadero municipal de la ciudad de Juanjuí.
 - 8) Se logrará determinar el avance de la infiltración de los lixiviados en los suelos de los alrededores del botadero municipal de la ciudad de Juanjuí.
 - 9) Mediante la evaluación de la contaminación bacteriológica y por metales pesados se logrará determinar los valores de los parámetros en los suelos.

RECOMENDACIONES

- 1) Es necesario continuar trabajando en el manejo de los residuos sólidos urbanos, concientizando a la población al manejo adecuado de los mismos.
- 2) Construir una planta de tratamiento de lixiviados, para que los mismos no sean expulsados de manera inconsciente al suelo.
- 3) Construir un relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos, tomando en cuenta el incremento poblacional.
- 4) Recuperar la zona contaminada a fin de mitigar el impacto en el ambiente.
- 5) Crear conciencia ambiental en la población para la segregación correcta de los residuos sólidos

REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS:

- 1) "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA LOCALIDAD DE SAPOSOA", Ing. Juan Carlos Cáceres Coral.
- 2) Estudio para la recuperación ambiental de la zona de Moravia en el municipio de Medellín – informe final., Mayo 1, volumen 1-3, Centro de documentación, Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Medellín, Colombia. 2000.
- 3) "Guía Técnica para la Clausura y conversión de Botaderos de Residuos Sólidos", Organización

- Panamericana de Salud-Ministerio de Salud DIGESA, Lima – Perú, 2004
- 4) Tchobanoglous Agudelo G. Rubén; Tratabilidad de Lixiviados producidos en rellenos sanitarios, 1996 Medellín, Relleno Curva de Rodas. p. 54. Versión digital disponible:
 - 5) Alloway, B.J. Heavy Metals in Soils, second ed. Blackie Academic & Professional, London. 1995.
 - 6) Bourg, A.C.M. (1995): Speciation of heavy metals in soils and groundwater and implications for their natural and provoked mobility. In "Heavy Metals", W. Salomons, U. Förstner & P. Mader, eds. Springer-Verlag, Berlin, 19-31.
 - 7) Hernández R; Fernández C; Baptista C: Metodología de la Investigación. Quinta Edición. Edit. McGrawHill... México. 2010.613p.
 - 8) Anastas. Observation. En R.M. Grinnell y Y.A. Unrau /Eds). Social work: Reserch and evaluation. Quantitative and qualitative approaches.7ma Edición. New York. Oxford University Press. (2005)
 - 9) Levin & Rubin. Estadística para Administradores. México: Editorial Prentice Hall. 1996
 - 10) Arias, F. El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. (5ª ed.). Caracas, Venezuela: Editorial EPISTEME. 2006.
 - 11) http://ofi.mef.gob.pe/appFD/Hoja/VisorDocs.aspx?file_name=10942_OPIMPHUALLAG_20111215_231454.pdf
 - 12) <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/1617/Tesis%20582%20-%20Ch%C3%A9rez%20Gavilanes%20Diego%20Sebasti%C3%A1n.pdf?sequence=1>
 - 13) FUERTES Héctor. Diseño de la Planta de tratamiento de Lixiviado, para el Relleno Sanitario de la Ciudad de Ibarra. Trabajo de Grado. Ingeniero Ambiental. Universidad Central del Ecuador. Escuela de Ingeniería Ambiental. Quito. 2008. p.71. Versión digital disponible: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1501>.
 - 14) Galán, E. (2000): The role of clay minerals in removing and immobilising heavy metals from contaminated soils. In "Proceedings of the 1st Latin American Clay Conference", vol. 1, C.
 - 15) Gomes, ed. Funchal, 351-361.
 - 16) Tchobanoglous Agudelo G. Rubén; Tratabilidad de Lixiviados producidos en rellenos sanitarios, 1996 Medellín, Relleno Curva de Rodas. p. 54. Versión digital disponible:
 - 17) <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1501>.
 - 18) "Guía Ambiental para Rellenos Sanitarios", Ministerio del Ambiente, Colombia, 2002. Version digital disponible: <http://www.cortolima.gov.co/SIGAM/cartillas/rellenos%20sanitarios/Rellenos%20sanitarios%201.pdf>
 - 19) Shanker, A.K., Cervantes, C, Loza-Tavera, H., Avudainayagam, S. Chromium toxicity in plants. Environment International 2005, pag. 31, 739– 753
 - 20) ROJAS Sara. Diseño de un Relleno Sustentable para pequeñas Comunidades- Estudio de caso cantón Loreto Provincia de Orellana. Trabajo de Grado. Ingeniera Ambiental. Universidad Central del Ecuador. Escuela de Ingeniería Ambiental. Quito. 2007. p. 150
 - 21) ROJAS Sara. Diseño de un Relleno Sustentable para pequeñas Comunidades- Estudio de caso cantón Loreto Provincia de Orellana. Trabajo de Grado. Ingeniera Ambiental. Universidad Central del Ecuador. Escuela de Ingeniería Ambiental. Quito. 2007. p. 151.
 - 22) ARIAS, Rocío y BENAVIDES Verónica. Gestión de Residuos Sólidos en los Campos: Tierra Colorado, Yuca y Cononaco. Trabajo de Grado. Ingenieras Ambientales Universidad Central del Ecuador. Escuela de Ingeniería Ambiental. Quito.2003. p. 89.
 - 23) Sanitario de la Ciudad de Ibarra. Trabajo de Grado. Ingeniero Ambiental. Universidad.
 - 24) Central del Ecuador. Escuela de Ingeniería Ambiental. Quito. 2008. p.71

- 25) "Política Nacional de Salud Ambiental 2011-2020", Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud, Edición: 1°, Editada: ESCHA E.I.R.L., Año: Abril 2011. Versión digital disponible Ay Robertos, F.A., Brinckmann, W.E. & Ayllón Trujillo, M.T., (2008). Disposición final de residuos sólidos en los municipios de Benito Juárez e Isla Mujeres en Quintana Roo. Ingeniería, 14, 197-207.
- 26) Quinchoa, W. (2011). "El olor nos lleva": identidades ecológicas como un proceso de reconocimiento social y cultural de los recuperadores en el relleno sanitario regional de presidente, municipio de san pedro, departamento del valle. Revista de estudios sociales, 39, 55-69. Disponible en internet:
- 27) <http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=81518565005> Mendoza, P. & López, V. (2004). Estudio de la calidad del lixiviado del relleno sanitario la esmeralda y su respuesta bajo tratamiento en filtro anaerobio de flujo ascendente piloto. Cali, Colombia.
- 28) Sposito, G. (1989): The chemistry of soils. Oxford Univ. Press.

ANEXOS



Figura 2: En la imagen se muestra tomando el punto de muestreo en época de sequía en el Botadero Municipal de la ciudad de Juanjuí

Fuente Propia 2016



FIGURA 3: En la imagen se muestra el Botadero Municipal de la ciudad de Juanjuí, en época de escorrentía.

Fuente Propia 2016



FIGURA 4: En la imagen se muestra los lixiviados producidos en el botadero municipal de la ciudad de Juanjuí.
Fuente Propia 2016



FIGURA 5: Tomando muestra en época de escorrentía de los lixiviados del botadero municipal de la ciudad de Juanjuí.



FOTO N°6: Riachuelo que se forma en época de escorrentía, cerca al botadero municipal de la ciudad de Juanjuí.

Fuente Propia 2016