



**UNIVERSIDAD ESTADAL AMAZÓNICA**

**Facultad de Ingeniería Ambiental**

**Tesis en Opción al Título de Ingeniera Ambiental**

## **TÍTULO**

**Propuesta de un Plan de Acciones científico - técnicas  
dirigidas a mitigar el Impacto Ambiental provocado por el  
Relleno Sanitario de la ciudad de Puyo.**

*Autor: María Elena Meneses Borja*

*Tutor: DrC Raúl Ricardo Fernández Concepción*

**Puyo – Pastaza - Ecuador**

**2009**

# **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**

## **Facultad de Ingeniería Ambiental**

### **TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL**

#### **DECLARACIÓN JURADA**

Yo, María Elena Meneses Borja, con C.I. N°: 160057631-6, declaro ser la autora principal del trabajo de investigación con el tema: "Propuesta de un Plan de Acciones científico - técnicas dirigidas a mitigar el Impacto Ambiental provocado por el Relleno Sanitario de la ciudad de Puyo", mismo que se ha elaborado con asesoramiento del DrC Raúl Ricardo Fernández Concepción.

Y autorizo a la Universidad Estatal Amazónica a hacer uso, con fines docentes e investigativos de los resultados obtenidos de la misma.

---

Elena Meneses Borja

# AGRADECIMIENTOS

---

---

*Al Municipio de Pastaza,  
especialmente al Sr. Gabriel  
León, que con su gestión, apoyó  
los análisis de esta  
investigación.*

---

*Al mi tutor de tesis, Dr. Raúl  
Fernández, por su asesoría y  
empeño.*

---

*De igual modo al Dr. Jesús Luis  
Orozco por ayudarme  
incondicionalmente.*

---

*Agradezco a mis padres, Raúl y  
Clemencia, sin ellos nada de  
esto hubiera sido posible; y a  
todas las personas que de una u  
otra forma supieron apoyarme,  
guiarme y más importante,  
confiaron en mí.*

---

# DEDICATORIA

---

---

*Este trabajo está dedicado  
a mis padres, que con su  
dedicación, me inculcaron y  
exigieron a continuar en mi  
desarrollo profesional.*

---

*A mis amigos y familiares  
que desde un inicio  
creyeron en la importancia  
y culminación de este  
trabajo.*

# RESUMEN

---

## **RESUMEN**

El siguiente trabajo investigativo trata sobre la panorámica global de los Residuos Sólidos Urbanos, destacando aspectos como su generación, la forma de manejarlos, así como las formas de disposición final como son los Rellenos Sanitarios, además de los impactos que estas instalaciones causan al medio ambiente.

Un Relleno Sanitario es una técnica de disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos, que si no se manejan adecuadamente pueden ocasionar serios problemas al entorno como la contaminación de aguas superficiales, emanación de gases, malos olores, presencia de aves carroñeras y vectores transmisores de enfermedades. El Relleno Sanitario de la ciudad de Puyo presenta diversos problemas de manejo que se ven traducidos en el deterioro ambiental del sitio, como es el caso de las aguas superficiales del estero Chilcayacu y las afectaciones a los habitantes de zonas aledañas a esta instalación.

El objetivo de esta investigación es caracterizar los lixiviados que se generan producto a la descomposición de los desechos orgánicos en el Relleno, diagnosticar ambientalmente la zona estudiada de forma tal que se permita relacionar estos impactos al mal manejo del Relleno, así como estimar el impacto que las descargas líquidas del Relleno provocan sobre la calidad del agua del Estero Chilcayacu.

A partir de los resultados de la investigación, se diseña un Plan de acciones científico – técnicas dirigidas a mitigar los impactos que el Relleno genera, así como a restaurar el deterioro ambiental del Estero y los ecosistemas a él asociados. Los resultados demuestran que el sistema de tratamiento de residuales del Relleno no es lo eficiente que de él se esperaba por lo que el agua del Estero Chilcayacu se ha deteriorado por la presencia de esta instalación.

**PALABRAS CLAVE:** Residuos Sólidos Urbanos, Relleno Sanitario, Lixiviados, Sistema de Tratamiento de Residuales, Impacto Ambiental.

# SUMMARY

---

## **SUMMARY**

The following research work is about the global panoramic of the Urban Solid Residues, emphasizing aspects like its generation, the form to handle them, as well as the forms of final disposition as the Sanitary Fillings, besides the impacts that these facilities cause to the environment.

A Sanitary Filling is a technique of final disposition of the Urban Solid Residues, that if they are not handled suitably can cause serious problems to the environment like the superficial water contamination, emanation of gases, bad scents, presence of rotten birds and trasmisors vectors of diseases. The Sanitary Filling of the Puyo city presents diverse problems of handling which are translated in the environmental deterioration of the place, like the case of superficial waters of the Chilcayacu matting and the affectations to the inhabitants of zones bordering to this installation.

The objective of this investigation is to characterize the leached which are generated for the decomposition of the organic remainders in the Filling, to diagnose environmentally the studied zone so that it is allowed to relate these impacts to the bad handling of the Filling, as well as to consider the impact that the liquid unloading of the Filling cause on the quality of the water of the Chilcayacu Matting.

From the results of the investigation, a Plan of scientific action is designed - techniques directed to mitigate the impacts that the Filling generates, as well as to recover the environmental deterioration of the Matting and the associated ecosystems. The results demonstrate that the system of treatment of residuals of the Filling is not the efficient that it was expected, reason for the water of the Chilcayacu Matting has been deteriorated by the presence of this installation.

**KEY WORDS:** Urban Solid Residues, Stuffed Toilet, Leached, Residuals Treatment System, Environmental Impact.

# INDICE

---

# **ÍNDICE**

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I</b> .....	6
1.1 Problemática de los Residuos Sólidos .....	6
1.2 Residuos Sólidos Urbanos .....	8
1.2.1 Composición de los Residuos Sólidos Urbanos .....	9
1.2.2 Generación de Residuos Sólidos Urbanos .....	10
1.3 Residuos hospitalarios .....	11
1.4 Manejo de Residuos Sólidos .....	11
1.4.1 Riesgo asociado al Manejo de los Residuos Sólidos .....	13
1.4.2 Reciclaje de Residuos Sólidos .....	14
1.5 Disposición final de los residuos .....	15
1.5.1 Relleno Sanitario .....	17
1.6 Lixiviados o líquidos percolados .....	25
1.6.1 Composición de los Lixiviados .....	27
1.6.2 Calidad de los Lixiviados .....	28
1.6.3 Control de los Lixiviados .....	30
1.6.4 Tratamiento de los Lixiviados .....	30
<b>CAPÍTULO II</b> .....	34
2.1 Materiales y equipos utilizados .....	34
2.2 Métodos empleados .....	35
2.2.1 Métodos Teóricos .....	36
2.2.2 Métodos Empíricos .....	37
2.3 Descripción del área objeto de estudio .....	37
2.4 Diseño del Experimento .....	39
<b>CAPÍTULO III</b> .....	43
3.1 Diagnóstico del área objeto de estudio .....	43
3.1.1 Problemas encontrados en el área objeto de estudio .....	43
3.2 Resultados de la caracterización de los indicadores de contaminación del agua en los puntos muestreados .....	53
3.3 Resultados del Método de Evaluación de Contaminación Ambiental .....	56
3.4 Resultados de la Encuesta aplicada en la zona objeto de estudio .....	58
3.4.1 Análisis de las variables encuestadas .....	58
3.5 Propuesta del Plan de Acciones para mitigar el impacto que genera el Relleno Sanitario ...	61
<b>CONCLUSIONES</b> .....	64
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	65
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	66
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	70
<b>ANEXOS</b>	
Anexo 1: .....	71
Anexo 2: .....	73
Anexo 3: .....	75

# INTRODUCCIÓN

---

## **INTRODUCCIÓN**

A medida que el mundo ha ido evolucionando, la sociedad ha ido cambiando su estructura, sus esquemas de producción y de consumo. El mundo se ha tornado más productivo para sostener la demanda de la sociedad, y a su vez los productos han disminuido sensiblemente su ciclo de vida y se han vuelto cada vez más complejos, esto ha traído como consecuencia un aumento en los volúmenes de residuos generados. Adicionalmente el fenómeno de urbanización, ha llevado a que la generación de residuos se concentre en un área determinada. (Martínez, 2007 a)

La basura constituye un problema para muchas sociedades, sobre todo para las grandes ciudades así como para el conjunto de la población del planeta. La sobrepoblación, las actividades humanas modernas y el consumismo han acrecentado la cantidad de basura que generamos; lo anterior junto con el ineficiente manejo que se hace de la basura provoca problemas tales como la contaminación, que resume problemas de salud y daño al medio ambiente; además de provocar conflictos sociales y políticos.

Desde el inicio de la vida en nuestro planeta existen los desperdicios, desechos o Residuos Sólidos. En los últimos años, debido al aumento de la población y al rápido proceso de urbanización, el volumen de desperdicios creció hasta llegar a niveles preocupantes. (Klees y Coccato, 2005).

La alternativa para resolver este problema es la gestión integral de Residuos Sólidos, una parte de este proceso es la disposición final; existen diversas formas para disponer y tratar los desechos sólidos, una de ellas es el Relleno Sanitario, este es un lugar donde técnicamente se tratan los Residuos Sólidos Urbanos, de esta forma se protege a los trabajadores y el medio ambiente (suelo, aire, agua) de la contaminación, la técnica consiste en enterrar los desechos sólidos en capas y compactarlos.

El Relleno Sanitario, es la forma más usada en el mundo para disponer los desechos que se generan. La ciudad de Puyo cuenta con un Relleno Sanitario que no cumple con todas las exigencias que debe contar para ser un buen Relleno. El mismo se encuentra ubicado a 4 Km. aproximadamente al margen derecho de la vía 10 de Agosto, a 2,5 Km. y ocupa un área de aproximadamente 2,5 hectáreas.

En los Rellenos Sanitarios operados correctamente, se pueden obtener muchos beneficios, como es la obtención del biogás, y del compost a partir de los desechos biodegradables que son los que más se producen en esta región, además un correcto reciclaje del resto de los desechos, brinda variados beneficios económicos, de ahorro de recursos naturales y de alargamiento de la vida útil del Relleno Sanitario, pues el papel, el cartón, el plástico, el vidrio y los metales que llegan al Relleno, se pueden reutilizar, sirviendo de materia prima para otros procesos.

Antes de la construcción de un Relleno Sanitario se debe tener en cuenta varios criterios técnicos, siendo uno de los principales el lugar donde se implementará, por lo que se deben realizar estudios de suelo, de aguas superficiales y subterráneas, velocidad y dirección del viento, asentamientos humanos, entre otros.

El agua que ha entrado en contacto con la basura, recoge gran cantidad de las sustancias que originalmente estaban dentro del residuo, quedando de esa manera altamente contaminada. Esta agua se denomina **“Lixiviado”**, y es uno de los líquidos más contaminantes que se conoce. De no ser recogido y tratado adecuadamente, el Lixiviado puede contaminar a su vez aguas subterráneas, superficiales y suelos.

Cercano al Relleno Sanitario de la ciudad de Puyo, se encuentra el estero Chilcayacu, que deposita sus aguas en el río Puyo. Debido al elevado poder contaminante de los Lixiviados que en este Relleno se generan, y por la falta de un adecuado sistema de tratamiento de los mismos, así como por la ausencia de un sistema de impermeabilización del suelo, los niveles de contaminación de estos ríos se han elevado considerablemente en los últimos tiempos.

Por esta razón, todo Relleno Sanitario debe contar con un sistema de impermeabilización del suelo, con uno de drenaje para las aguas pluviales y con un sistema de tratamiento de Lixiviados y gases generados, para no causar efectos adversos sobre el medio ambiente.

Lo anteriormente señalado conduce a formular el siguiente **PROBLEMA CIENTÍFICO:**

**Problema científico:** Deterioro ambiental de los ríos Chilcayacu y Puyo por la acción contaminante del Relleno Sanitario de la ciudad de Puyo.

Por todo lo antes expuesto, el presente trabajo se propone demostrar la siguiente **HIPÓTESIS**:

**Hipótesis:** “Si se formula e implementa un Plan de acciones científico - técnicas dirigidas al manejo integral de Residuos Sólidos y para los Líquidos producidos y drenados producto de los procesos fermentativos ocurridos en el Relleno Sanitario, entonces se mitigará la contaminación ambiental del estero Chilcayacu y con ello se incrementará la calidad del agua del río Puyo”.

El **OBJETIVO GENERAL** que se propone esta Investigación es:

“Diseñar un Plan de acciones científico - técnicas dirigidas a mitigar el Impacto Ambiental en el estero Chilcayacu y río Puyo provocado por el Relleno Sanitario de la ciudad de Puyo”.

En base a la Hipótesis planteada y al Objetivo General de la investigación, se trazaron los siguientes **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**:

- Evaluar los Impactos negativos ocasionados al medio por el mal manejo de los Residuos Sólidos y los líquidos generados en los Rellenos Sanitarios.
- Caracterizar los Líquidos que se originan en el Relleno Sanitario.
- Estimar el Impacto Ambiental que generan los líquidos drenados en el Relleno Sanitario sobre la calidad del agua del estero Chilcayacu.
- Proponer un Plan de acciones científico - técnicas para mitigar el Impacto Ambiental del Relleno Sanitario de la ciudad de Puyo.

Los **RESULTADOS ESPERADOS** de la siguiente investigación son:

- Relación de los Impactos negativos ocasionados al medio por el mal manejo de los Residuos Sólidos y los líquidos generados en los Rellenos Sanitarios.
- Caracterización de los líquidos que se originan en el Relleno Sanitario Municipal.

- Estimación del Impacto Ambiental que generan los líquidos drenados en el Relleno Sanitario sobre la calidad del agua del estero Chilcayacu.
- Plan de acciones medioambientales para mitigar el Impacto Ambiental del Relleno Sanitario de la ciudad de Puyo.

**Novedades de la Tesis:** Los aportes de la Tesis son fundamentalmente prácticos y medioambientales.

1. Aporte Medioambientales: Mediante la propuesta e implementación de un Plan de Acciones científico – técnicas dirigido a enfrentar el deterioro ambiental de la zona de estudio, la cual ha sido seriamente deteriorada por los efectos del Relleno Sanitario allí radicado, se podrán mitigar los Impactos negativos provocados en ese ecosistema y devolverle al mismo gran parte de sus anteriores características.
2. Aporte Práctico: Se elaborará un Plan de Acciones científico – técnicas dirigido a la recuperación del deterioro ambiental provocado en un sector de la subcuenca del río Puyo, el cual podrá ser implementado en otras áreas de similares características, permitiéndose con ello mitigar los Impactos negativos ocasionados por el Relleno Sanitario allí ubicado.

**Estructura de la Tesis:** El presente trabajo de tesis consta de tres capítulos:

**Capítulo 1.** Donde se presenta una revisión bibliográfica sobre las temáticas de Deterioro Ambiental, Manejo de Rellenos Sanitarios, Clasificación de los Residuos Sólidos Urbanos, Contaminación de Aguas superficiales por los Lixiviados generados en este tipo de instalación, y otros aspectos conceptuales relacionados con el tema objeto de estudio.

**Capítulo 2.** Se referencian todos los Métodos y Técnicas utilizados para buscar la información ya existente sobre el tema, así como para medir y procesar las variables fijadas en la investigación con vistas al establecimiento de una estrategia que dé respuesta al problema científico planteado.

**Capítulo 3.** En este capítulo se realiza una caracterización del área objeto de estudio. Además se presentan y analizan los resultados obtenidos a partir de la aplicación de las técnicas seleccionadas y los resultados del cuestionario

aplicado a los moradores del entorno del Relleno Sanitario, buscando demostrar la hipótesis formulada en la investigación.

Posteriormente se presentan las Conclusiones y Recomendaciones a las cuales se arriban a partir de los resultados obtenidos, así como las referencias bibliográficas y los Anexos donde se presentan el Cuestionario aplicado y la Tabla para calcular el Índice de Calidad de Agua.

# CAPITULO I

---

# **CAPÍTULO I**

El siguiente capítulo presenta la temática de los residuos Sólidos en general, destacando la particularidad de los Residuos Sólidos Urbanos y los principales aspectos a ellos asociados como la generación, el manejo, así como las etapas y métodos de disposición final, resaltando el tema de los Rellenos Sanitarios y los impactos que estos provocan sobre el medio ambiente, especialmente a través de los líquidos Lixiviados que en estos Rellenos se generan.

## **1.1 Problemática de los Residuos Sólidos**

El volumen de desechos sólidos aumenta a un ritmo alarmante por la producción desmedida que ha generado el sistema consumista que nos rige, por el desarrollo de la sociedad. El qué hacer con todos los desechos que se genera es lo difícil, muchos países cuentan con buenos sistemas de recogida de Residuos Sólidos Urbanos, el problema radica en el tratamiento final que se los da a los mismos. La siguiente Tabla muestra datos de volúmenes de desechos generados por persona por día en diversos países.

**Tabla 1.1 Cuadro de generación de Residuos Sólidos Urbanos en algunos países**

<b>Países</b>	<b>Generación (kg/hab/día)</b>
Canadá	1,9
Estados Unidos	1,5
Holanda	1,3
Suiza	1,2
Japón	1,0
Europa	0,9
India	0,4
Ecuador (93)	0,73
Bolivia (94)	0,56
Colombia (95)	0,74
Costa Rica (96)	0,66
Guatemala (92)	0,50
Uruguay (96)	0,75

**Fuente:** Acurio, *et al.* (1998): Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe.

El tema desechos ha dejado de pertenecer sólo al ámbito sanitario, para convertirse en un factor común a la mayoría de las disciplinas que afectan al ser humano. La integración en la gestión se da no sólo porque todas las actividades humanas sean económicamente productivas o generan desechos; sino también porque las cantidades y calidades han adquirido tal magnitud, que han convertido el tema en uno de los factores principales que

componen la problemática ambiental que se vive actualmente a nivel mundial y nacional (Yeomans y Dicent 2006).

Sallard, (2007), afirma que en Norteamérica, se generan 260 millones de toneladas de residuos residenciales cada año. Esto quiere decir que cada persona genera aproximadamente 2 kilogramos de desperdicios todos los días, sumándose a esto los desperdicios comerciales que añaden otros 40 millones de toneladas, a ese total, y los desperdicios industriales, que representan de 50 a 350 millones de toneladas más, agregándose también los millones de toneladas de desperdicios mineros y de la agricultura; el total alcanza la cifra sideral de 4 millones de toneladas anuales.

Bastidas, (2003), afirma que en la Ciudad de México mensualmente la familia urbana promedio (que consta de 5 personas) produce un metro cúbico de basura, lo que se traduce en términos de la ciudad entera, en tres millones de metros cúbicos. Para hacerse más gráfica esta cifra, el Estadio Azteca puede contener tan sólo un millón de metros cúbicos, lo cual significaría que mensualmente la ciudad de México requiere un sitio de tres veces el tamaño del Estadio Azteca. Diariamente se generan 11,850 toneladas de Residuos Sólidos Urbanos, de los cuales el 50% está compuesto por residuos orgánicos y 34% de reciclables.

Según Sallard, (2007), solo en América Latina la producción per cápita de basura se duplicó en los últimos 30 años, alcanzando de medio a un kilo diario y, peor aún, con participación creciente de materiales tanto no degradables como tóxicos, según el Centro de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) de la Organización Panamericana de la Salud (OPS).

Reyes, (2006), señala que cada persona produce una media de 1 kg de basura al día. Teniendo en cuenta que la población mundial es aproximadamente de 5.500 habitantes los cálculos son alarmantes, 5.500 toneladas de basura diaria.

La mayoría de los Residuos Sólidos Urbanos que producimos están constituidos por materiales que pueden ser clasificados con facilidad y reutilizados, como: papel, cartón, vidrio, plásticos, trapos, materia orgánica, etc.

## **1.2 Residuos Sólidos Urbanos**

Según Betancourt, (2007), de todos los residuos, los que más preocupan a las comunidades y municipalidades del mundo, son los Residuos Sólidos Urbanos, por el gran volumen que a diario se genera.

Klees y Coccato, (2005), denominan Residuos Sólidos Urbanos (RSU) a todos los desechos que provienen de las actividades humanas y animales, que habitualmente son sólidos y que se arrojan como inútiles o no deseados.

Para Tchobanoglous, (1994); Ruiz, (2001); Ibáñez y Corroccoli, (2002) y otros autores, los Residuos Sólidos Urbanos, son los provenientes de la generación domiciliaria, institucional, comercial, construcción y demolición, industrial no peligrosa, establecimientos de salud asimilable a domiciliarios, artesanal y los residuos sólidos resultantes del barrido de calles y áreas públicas, incluyendo malezas y vegetación de jardines.

Por medio de un análisis sectorial de residuos sólidos, realizado en el 2002 por la OPS-OMS, en América Latina, se estima que cerca de 350 millones de habitantes residen en centros urbanos, con una generación de 275.000 toneladas de desechos por día, de los cuales se recolecta el 70% y solamente un 35% se dispone en Rellenos Sanitarios.

El mismo análisis demuestra que Ecuador es responsable de aproximadamente 7.400 toneladas de RSU por día. Lamentablemente las instituciones encargadas de los servicios han demostrado precariedad tanto en calidad, eficiencia así como cobertura, prueba de ello es que solamente el 49% de la producción de desechos se recolecta de manera formal.

Esta realidad se ha visto traducida en una degradación del entorno ambiental en las áreas rurales y urbanas, en estas últimas generalmente se refleja en mayor grado en los perímetros de las grandes urbes, en los denominados "cinturones de pobreza". La contaminación de acuíferos, efectos negativos sobre la salud y bienestar de la comunidad, presencia de roedores y otros animales carroñeros junto con la afectación de áreas sensibles, son entre otros los resultados de una mala disposición de los residuos sólidos.

### 1.2.1 Composición de los Residuos Sólidos Urbanos

La utilidad de conocer la composición de residuos sirve para una serie de fines, entre los que se pueden destacar estudios de factibilidad de reciclaje, factibilidad de tratamiento, investigación, identificación de residuos, estudio de políticas de gestión de manejo.

Usualmente los valores de composición de RSU se describen en términos de porcentaje en masa, en base húmeda y contenidos ítems como materia orgánica, papales y cartones, escombros, plásticos, textiles, metales, vidrios, huesos, etc. (Gómez, 2007)

A continuación en la Tabla 1.2, se muestra un cuadro de la composición de los RSU de diversos países.

**Tabla 1.2 Cuadro de composición de los RSU (% en peso) en diversos países**

País	H <sub>2</sub> O (%)	Cartón y Papel	Metal	Vidrio	Textiles	Plásticos	Orgánicos	Otros e inerte
Brasil	-	25,0	4,0	3,0	-	3,0	-	65,0
México	45	20,0	3,2	8,2	4,2	6,1	43,0	27,1
Costa Rica	50	19,0	-	2,0	-	11,0	58,0	10,0
El Salvador	-	18,0	0,8	0,8	4,2	6,1	43,0	27,1
Perú	50	10,0	2,1	1,3	1,4	3,2	50,0	32,0
Chile	50	18,8	2,3	1,6	4,3	10,3	49,3	13,4
Guatemala	61	13,9	1,8	3,2	3,6	8,1	63,3	6,1
Colombia	-	18,3	1,6	4,6	3,8	14,2	52,3	5,2
Uruguay	-	8,0	7,0	4,0	-	13,0	56,0	12,0
Bolivia	-	6,2	2,3	3,5	3,4	4,3	59,5	20,8
Ecuador	-	10,5	1,6	2,2	-	4,5	71,4	9,8
Paraguay	-	10,2	1,3	3,5	1,2	4,2	56,6	23,0
Argentina	50	20,3	3,9	8,1	5,5	8,2	53,2	0,8
Trinidad y T.	-	20,0	10,0	10,0	7,0	20,0	27,0	6,0

**Fuente:** Acurio, *et al.* (1998): Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe.

Los Residuos Sólidos Urbanos, a criterio de Contreras, (2004); Tchobanoglous, (1994) y Jaramillo, (2002 a), están compuestos por los siguientes materiales:

- Vidrio. Son los envases de cristal, frascos, botellas, etc.
- Papel y cartón. Periódicos, revistas, embalajes de cartón, envases de papel, cartón, etc.
- Restos orgánicos. Son los restos de comida, de jardinería, etc. En peso son la fracción mayoritaria en el conjunto de los residuos urbanos.
- Plásticos. En forma de envases y elementos de otra naturaleza.

- Textiles. Ropas y vestidos y elementos decorativos del hogar.
- Metales. Son latas, restos de herramientas, utensilios de cocina, mobiliario etc.
- Madera. En forma de muebles mayoritariamente.
- Escombros. Procedentes de pequeñas obras o reparaciones domésticas.

### **1.2.2 Generación de Residuos Sólidos Urbanos**

Alegre, (1997), señala que la producción de residuos sólidos se puede medir en valores unitarios como kilogramos de residuos sólidos por habitante y por día, kilogramos por tonelada de cosecha o kilogramos por número de animales y por día.

Las tasas de generación de residuos por día y por habitante varían en forma proporcional al consumo, al poder adquisitivo, las costumbres, etc. (Feuerman, 2002)

La generación de desechos sólidos es un proceso que no se detiene; más bien se incrementa día a día, provocando graves problemas ecológicos, ya que los lugares donde es depositada la basura son focos permanentes de contaminación, que afectan el suelo, la vegetación y fauna, degradan el paisaje, contaminan el aire y las aguas y, en general, todo lo que pueda atentar contra el ser humano o el medio ambiente. (Betancourt, 2007)

En la década de los 60, la generación de residuos domiciliarios alcanzaba los 0,2 a 0,5 kg/habitante/día, actualmente esta cifra se sitúa entre los 0,8 y 1,4 kg/habitante/día. (Gómez, 2007).

Cañas, (1997), plantea que la generación y composición de los RSU de origen doméstico varía de acuerdo con la modificación de los patrones de consumo de la población y depende esencialmente de los siguientes factores:

- Nivel de vida.
- Fiestas locales (Carnaval, Semana Santa, Fiestas Patronales, Navidad, Fiestas de Fin de Año, etc.)
- Estación del año.
- Día de la semana.
- Costumbres de los habitantes.
- Zona donde se habita (Avenidas principales y/o barrios)

### **1.3 Residuos hospitalarios**

Son los residuos sólidos generados en los centros de atención a la salud durante la prestación de servicios de hospitalización, diagnóstico, prevención, tratamiento y curación, incluyendo los generados en los laboratorios. (Martínez, 2007 b)

Fernández y Sánchez, (2007), los definen como aquellos desechos producidos en centros de salud, que generalmente contienen vectores patógenos de difícil control. El manejo de estos residuos debe ser muy controlado y va desde la clasificación de los mismos, hasta la disposición final de las cenizas pasando por el adecuado manejo de los incineradores y el correcto traslado de los residuos seleccionados para este fin.

Actualmente el manejo de los residuos hospitalarios no es el más apropiado, al no existir un reglamento claro al respecto. El manejo de estos residuos es realizado a nivel de generador y no bajo un sistema descentralizado. A nivel de hospital los residuos son generalmente esterilizados.

La composición de los residuos hospitalarios varía desde el residuo tipo residencial y comercial a residuos de tipo médico conteniendo sustancias peligrosas.

### **1.4 Manejo de Residuos Sólidos**

Vásconez, (1995), asegura que el manejo de los residuos sólidos es costoso, por el uso intensivo de mano de obra, por el empleo de maquinaria especializada y por la permanente continuidad de su operación, pero es indispensable.

Melgar, (2007) y Medina, (1999), afirman que el manejo integral y sustentable de los RSU combina flujos de residuos, métodos de recolección, sistemas de separación, valorización y aprovechamiento del cual derivan beneficios ambientales y económicos que resultan en la aceptación social con una metodología versátil y práctica que puede aplicarse a cualquier región. Esto puede lograrse combinando opciones de manejo que incluyen tratamientos que involucran el rehúso, reciclaje, compostaje, biogasificación, tratamiento mecánico-biológico, pirólisis, incineración con recuperación de energía, así como la disposición final en Rellenos Sanitarios. El punto clave no es cuántas opciones de manejo se utilicen, o si se aplican todas al mismo tiempo, sino que sean parte de una estrategia que responda a las necesidades y contextos locales o regionales, así como a los principios básicos de las políticas ambientales en la materia.

Alegre, (1997) asegura que el correcto manejo de los residuos sólidos afecta significativamente el bienestar y la salud de la población. Los riesgos de contraer enfermedades o de producir impactos ambientales adversos varían considerablemente en cada una de las etapas por las que atraviesan los residuos sólidos.

Gómez, (2007), deduce el manejo de residuos sólidos, como el conjunto de procedimientos y políticas que conforman el sistema de manejo de los residuos sólidos. La meta es realizar una gestión que sea ambiental y económicamente adecuada. El sistema de manejo de los residuos se compone de cuatro sub sistemas:

- a) **Generación:** Cualquier persona u organización cuya acción cause la transformación de un material en un residuo. Una organización usualmente se vuelve generadora cuando su proceso genera un residuo, o cuando lo derrama o cuando no utiliza más un material.
- b) **Transporte:** Es aquel que lleva el residuo. El transportista puede transformarse en generador si el vehículo que transporta derrama su carga, o si cruza los límites internacionales (en el caso de residuos peligrosos), o si acumula lodos u otros residuos del material transportado.
- c) **Tratamiento y disposición:** El tratamiento incluye la selección y aplicación de tecnologías apropiadas para el control y tratamiento de los residuos peligrosos o de sus constituyentes. Respecto a la disposición la alternativa comúnmente más utilizada es el Relleno Sanitario.
- d) **Control y supervisión:** Este sub sistema se relaciona fundamentalmente con el control efectivo de los otros tres sub sistemas.

La Figura 1.1 muestra la escala jerárquica en el Manejo de Desechos Sólidos.

**Figura 1.1: Cuadro jerárquico de objetivos en el Manejo de Desechos Sólidos**



**Fuente:** Matamoros, D. (2004): Diplomado de Manejo Ambiental. Manejo de Desechos Sólidos.

Berent y Vedoya, (2004), señalan que va mas allá de la simple eliminación o el aprovechamiento por métodos seguros de los residuos y procura resolver la causa fundamental del problema, promoviendo un cambio en las pautas no sostenibles de producción, consumo y gestión. Esto implica la aplicación del concepto de gestión ambiental integrando el ciclo de vida del residuo que representa una oportunidad de conciliar el desarrollo urbano con la protección del ambiente; por lo tanto debe apoyarse en cuatro áreas principales:

- a) Reducción al mínimo de los residuos.
- b) Aumento al máximo de la reutilización y el reciclado.
- c) Promoción de la eliminación y el tratamiento (gestión) ecológicamente racional de los residuos.
- d) Ampliación del alcance de los servicios que se ocupan de los residuos. (recolección)

#### **1.4.1 Riesgo asociado al Manejo de los Residuos Sólidos**

Acurio, *et al.*, (1998), aseveran que el impacto ambiental negativo asociado al manejo inadecuado de los residuos sólidos está relacionado con:

- a) Enfermedades provocadas por vectores sanitarios: Existen varios vectores sanitarios de gran importancia epidemiológica cuya aparición y permanencia pueden estar relacionados en forma directa con la ejecución inadecuada de alguna de las etapas en el manejo de los residuos sólidos.
- b) Contaminación de aguas: La disposición no apropiada de residuos puede provocar la contaminación de los cursos superficiales y subterráneos de agua, además de contaminar la población que habita en estos medios.
- c) Contaminación atmosférica: es evidente la contaminación atmosférica por la presencia de malos olores y la generación de humos, gases y partículas en suspensión, producto de la quema provocada o espontánea y el arrastre de los vientos.
- d) Contaminación de suelos: Los suelos pueden ser alterados en sus estructuras debidas a la acción de los líquidos percolados dejándolos inutilizadas por largos periodos de tiempo. (Bonfanti, 2004)

- e) Problemas paisajísticos y riesgo: La acumulación en lugares no aptos de residuos trae consigo un impacto paisajístico negativo, además de tener en algunos casos asociados un importante riesgo ambiental, pudiéndose producir accidentes, tales como explosiones o derrumbes.

La Tabla 1.3 muestra diversas enfermedades provocadas por vectores que se desarrollan por la acumulación de Desechos Sólidos.

**Tabla 1.3 Cuadro de enfermedades relacionadas con Residuos Sólidos Urbanos transmitidas por vectores**

<b>Vectores</b>	<b>Formas de transmisión</b>	<b>Principales enfermedades</b>
Ratas	A través de mordisco, orina u heces A través de las plagas que viven en el cuerpo del animal	Peste bubónica Tifus murino Leptospirosis
Moscas	Por vía mecánica (a través de las alas, patas y cuerpo) A través de heces y saliva.	Fiebre tifoidea Salmonelosis Cólera Amebiasis Disentería Giardiasis
Mosquitos	A través de picazón del mosquito hembra.	Malaria Leishmaniasis Fiebre amarilla Dengue Filariasis
Cucarachas	Por vía mecánica (a través de las alas, patas y cuerpo) y por las heces	Fiebre tifoidea Cólera Giardiasis
Cerdos	Por ingestión de carne contaminada	Cisticercosis Toxoplasmosis Triquinosis Teniasis
Aves	A través de las heces	Toxoplasmosis

**Fuente:** Acurio, *et al.* (1998): Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe.

#### 1.4.2 Reciclaje de Residuos Sólidos

Para Lund, (1996) el reciclaje es hoy en día una estrategia de gestión de residuos sólidos, igual de útil que el vertido o la incineración, y ambientalmente más deseable.

El Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) de España, (2007), define que el reciclaje consiste en el aprovechamiento de los materiales contenidos en los residuos para su posterior utilización en otros usos.

Ibáñez y Corroppoli, (2002), define el reciclaje como el proceso por el cual un porcentaje de los Desechos Urbanos destinados a disposición final en un basural, son recolectados, procesados y re manufacturados para insertarlos nuevamente al circuito económico.

Tchobanoglous, *et al.*, (1994) y Medina, (1999), afirman que las ventajas del reciclaje son la conservación de los recursos naturales y del espacio del Relleno Sanitario.

Sin embargo, Medina, (1999), afirma que es un proceso complejo, que en si consume recursos en el transporte, selección, limpieza y reprocesado de los materiales reciclables.

La meta de cualquier proceso de reciclaje es el uso o rehúso de materiales provenientes de los residuos, que en un principio se los considera inservibles, de esta forma disminuye el volumen de desechos que van a la disposición final.

Fernández y Sánchez, (2007), plantean que el reciclaje no debe ser considerado como la principal solución para el manejo de los RSU. El reciclaje es una actividad económica que se debe abordar como un elemento más dentro de un conjunto de soluciones integradas de la gestión o manejo de los residuos sólidos, ya que no todos los materiales son técnica o económicamente reciclables.

A partir de los criterios de Tchobanoglous, *et al.*, (1994) y Gómez, (2007), existen tres actividades principales en el proceso del reciclaje:

- **Recolección:** Se deben de juntar cantidades considerables de materiales reciclables, separar elementos contaminantes o no reciclables y clasificar los materiales de acuerdo a su tipo específico.
- **Manufactura:** los materiales clasificados se utilizan como nuevos productos o como materias primas para algún proceso.
- **Consumo:** Los materiales de desperdicio deben ser consumidos. Los compradores deben demandar productos con el mayor porcentaje de materiales reciclados en ellos. Sin demanda, el proceso de reciclaje se detiene.

### **1.5 Disposición final de los residuos**

Fernández y Sánchez, (2007), lo definen como el confinamiento y encapsulamiento de los RSU inservibles, tóxicos y peligrosos, para evitar el contacto eventual de estos residuos con el exterior, principalmente con los organismos vivos. La disposición final de los residuos se realiza en los vertederos o Rellenos Sanitarios, de forma tal que los productos no presenten riesgos para la salud ni para los componentes de los ecosistemas.

Para Estrucplan, (2001), la disposición de residuos sólidos comprende la recolección, el transporte, el tratamiento, el almacenamiento (provisional), la deposición y el aprovechamiento de los mismos.

La disposición de los residuos es la etapa final del manejo de los Desechos Sólidos, después que el residuo ha sido tratado este se encuentra listo para su disposición, la forma y tipo del residuo determina en gran parte donde la disposición será permitida.

Para Gómez, (2007), los residuos sólidos comúnmente son depositados en:

- Basurales
- Botaderos
- Botaderos controlados
- Vertederos
- Rellenos Sanitarios
- Depósitos de seguridad

Según Vásquez, (1995) y la Organización Panamericana de la Salud en Ecuador, (2002), la recolección de basura es eficaz, en cambio, la disposición final es uno de los aspectos de los sistemas de aseo urbano menos atendidos en el Ecuador. Si bien se acepta que la técnica del Relleno Sanitario permite disponer adecuadamente los RSU, éstos no se han implementado en la mayoría de las ciudades ecuatorianas, usualmente, el sistema se limita a conducir los desperdicios a un punto apartado y descargarlos "a cielo abierto", de lo cual resulta una contaminación generalizada del medio ambiente.

Bernache, (2006), afirma que los tiraderos de basura municipales son los responsables de la degradación ambiental en forma de malos olores, contaminación de acuíferos, aguas superficiales, contaminación de suelos, contaminación atmosférica, presencia de microorganismos patógenos, presencia de residuos peligrosos, degradación del paisaje e incendios.

El sistema de disposición final más utilizado en el mundo entero es el Relleno Sanitario, sitio en donde se depositan finalmente los Desechos Sólidos de una manera ordenada y tecnificada y que obedece a un diseño de ingeniería que busca minimizar los efectos ambientales nocivos de los residuos sólidos; deben ser operados de acuerdo a las recomendaciones del diseñador para poder garantizar que se puede lograr el objetivo de

disponer de forma segura los residuos sólidos que allí lleguen. (Municipio de Usiacurí-Atlántico-Colombia, 2005)

En la Tabla 1.4 se muestra un cuadro comparativo para las diferentes alternativas de depósito.

**Tabla 1.4: Cuadro comparativo de las diferentes alternativas de depósito**

Clasificación	Control	Diseño	Información del residuo	Límites	Impermeabilización y recubrimiento	Existencia de protección
Basural	No	No	No	No	No	No
Botadero	No	No	No	No	No	No
Botadero controlado	No – Si	No	No - Si	Si	No	No
Vertedero	Si	No - Si	No - Si	No - Si	No - Si	No - Si
Relleno Sanitario	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Depósito de seguridad	Si	Si	Si	Si	Si	Si

**Fuente:** Gómez, (2007): Análisis de los Residuales de UBC Soroa y valoración de su impacto en el entorno.

Según Matamoros, (2004), los problemas asociados con la disposición final de los Desechos Sólidos son:

**Emisiones incontroladas de gases:**

- Problemas de olores y otras situaciones de peligro.
- Impacto en la descarga incontrolada de gases sobre el efecto invernadero.

**Emisiones incontroladas de líquidos Lixiviados:**

- Contaminación de aguas subterráneas y superficiales.
- Proliferación de vectores de enfermedades.
- Emisión de gases tóxicos de desechos peligrosos.

**1.5.1 Relleno Sanitario**

Pérez, (1997), define al Relleno Sanitario como una técnica de eliminación de residuos sólidos en el suelo, que no causa molestias a la comunidad ni riesgos para la salud tanto durante su operación como después de terminado.

Un Relleno Sanitario es una obra de ingeniería destinada a la disposición final de los RSU, los cuales se disponen en el suelo, en condiciones controladas que minimizan los

efectos adversos sobre el medio ambiente y el riesgo para la salud de la población. Alegre, (1997), asegura que se puede aplicar tanto a ciudades grandes como pequeñas.

Tchobanoglous, *et al.*, (1982), con base en la experiencia del pasado en ciudades de los Estados Unidos y muchos otros lugares del mundo, afirman que la disposición en la tierra, en la forma de Relleno Sanitario, ha demostrado ser el método más económico y aceptable para la disposición de Desechos Sólidos.

Cañas, (1997), plantea que el Relleno Sanitario es un método fácil y económico de implementar; además permite la obtención de gas metano durante su operación.

Gutiérrez, (2003), afirma que un Relleno Sanitario es una excelente alternativa a la problemática del incremento de los residuos sólidos, pero puede convertirse en una fuente de contaminación del medio ambiente si no se diseñan y operan correctamente.

Un Relleno Sanitario técnicamente manejado y planificado ofrece, una vez terminada su vida útil, la recuperación de los terrenos para áreas deportivas y parques, entre otros.

Trejo, (1994), señala diversas ventajas y desventajas de este método de disposición de los RSU.

Las principales ventajas son:

- Si se consigue un terreno a bajo costo, es el método más económico para la disposición de los desechos sólidos.
- La inversión inicial es baja comparada con otros métodos.
- Es un método completo.
- Se puede poner en operación en corto tiempo.
- Recibe todo tipo de desechos sólidos.
- Es flexible ya que puede disponer cantidades mayores o menores de basura con poco personal o equipo adicional.
- Una vez terminado el proceso, el terreno se puede habilitar.

Sin embargo, también pueden existir algunas desventajas como las siguientes:

- Si no se opera adecuadamente se puede convertir en un tiradero a cielo abierto con mucha facilidad. (Bayas, 2005)
- Una vez terminado requerirá mantenimiento periódico.

- La ubicación en áreas residenciales puede tener fuerte oposición pública.

### 1.5.1.1 Requerimientos generales para el diseño de un Relleno Sanitario

Uno de los puntos más importantes en la puesta en práctica de un Relleno Sanitario es la selección del sitio donde se ubicará, una vez definido lo anterior, interesan los métodos de operación, producción y control de gases y lixiviados que se generan. (Campos, 2000)

En la Tabla 1.5 se muestran los principales factores involucrados en la selección de sitios para la ubicación de Rellenos Sanitarios.

**Tabla 1.5: Principales factores involucrados en la selección de sitios para Rellenos Sanitarios**

<b>Criterio</b>	<b>Detalles</b>
Factibilidad técnica	1. Volumen y morfología sitio adecuado. 2. Distancia a centro generador. 3. Fuera de zonas de exclusión.
Riesgo ambiental	1. Contaminación de aguas subterráneas. 2. Calidad de aire. 3. transporte de materiales.
Aspectos económicos	1. Efectos en aspectos de propiedades. 2. Costos de construcción y operación. 3. Impactos en la industria local. 4. Planes de compensación.
Aspectos sociales	1. Equidad en la selección del sitio. 2. Efecto en la imagen de la comunidad. 3. Paisaje y estética. 4. Alteración de actuales y futuros usos de suelos.
Aspectos políticos	1. Elecciones locales. 2. Intereses de invención de grupos locales. 3. Responsabilidades de manejo del sitio. 4. Control local.

**Fuente:** Gómez, (2007): Análisis de los Residuales de UBC Soroa y valoración de su impacto en el entorno.

Roben, (2002), señala que se deben tomar en consideración varios criterios para el diseño técnico de un Relleno Sanitario, estos son:

- Tecnología adecuada.
- Capacidad necesaria.
- Selección de un sitio con características geológicas e hidrológicas adecuadas.
- Diseño del cuerpo de basura, considerando el tipo de basura y de manejo técnico.
- Sistema eficiente para asegurar la impermeabilidad del suelo y de la superficie del cuerpo de basura.

- Protección del medio ambiente, drenaje y tratamiento de emisiones gaseosas y líquidas.

### **1.5.1.2 Tipos de Rellenos Sanitarios**

Tchobanoglous, (1982); Jaramillo, (2002 b); Gutiérrez, (2003) y Fernández y Sánchez, (2007), coinciden en que los métodos más utilizados para la construcción de Rellenos Sanitarios son el de área y el de zanja o trinchera.

#### **1.5.1.2.1 Método de área**

En áreas relativamente planas, donde no sea posible excavar fosas o trincheras para enterrar las basuras, los residuos pueden depositarse directamente sobre el suelo original, elevando el nivel algunos metros. En estos casos, el material de cobertura deberá ser importado de otros sitios o, de ser posible, extraído de la capa superficial. En ambas condiciones, las primeras celdas se construyen estableciendo una pendiente suave para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el terreno.

Se adapta también para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad. El material de cobertura se excava en las laderas del terreno, o en su defecto se debe procurar lo más cerca posible para evitar el encarecimiento de los costos de transporte. La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba.

#### **1.5.1.2.2 Método de trinchera o zanja**

Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos a tres metros de profundidad, con el apoyo de una retroexcavadora o tractor oruga. Incluso existen experiencias de excavación de trincheras de hasta 7 metros de profundidad para Relleno Sanitario. La tierra se extrae, se coloca a un lado de la zanja para utilizarla como material de cobertura. Los Desechos Sólidos se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con tierra.

La excavación de zanjas exige condiciones favorables tanto en lo que respecta a la profundidad del nivel freático como al tipo de suelo. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximo a la superficie no son apropiados por el riesgo de contaminar el acuífero. Los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación.

### **1.5.1.3 Criterios Ambientales para un Relleno Sanitario**

Según Gómez, (2007), los problemas sanitarios causados por la deposición de los residuos sólidos en el suelo se deben a la reacción de los mismos con el agua, generándose la producción de gases y el riesgo de incendios y explosiones.

Oeltzchner y Mutz, (1994), afirman que los Rellenos producen aguas residuales (lixiviados) que se pueden escapar si no se controlan o manejan adecuadamente, contaminando el agua superficial y subterránea.

Los residuos sólidos están compuestos físicamente por un 40 a 50% de agua, vegetales, animales, plásticos, desechos combustibles, vidrios, etc. Químicamente están compuestos por sustancias orgánicas, compuestos minerales y residuos sólidos peligrosos.

Las sustancias líquidas y los sólidos disueltos y suspendidos tienden a percolar por la masa de los residuos sólidos y posteriormente en el suelo. Éste percolado está constituido por materia sólida, aire y agua. Las sustancias contaminantes del Lixiviado, al percolar a través del suelo por las fisuras y otras fallas de las rocas y de los suelos impermeables, adquieren gran agilidad al llegar al nivel freático y contaminan el agua subterránea, a la misma vez de generar un efecto negativo en la calidad del suelo.

La percolación de los contaminantes depende de la permeabilidad del suelo y está dada por el coeficiente K que en arenas es de  $10^{-1}$  a  $10^{-3}$  cm/s y en suelos arcillosos es de  $10^{-8}$  cm/s. El terreno ideal sería con un K de  $10^{-7}$  cm/s y que tenga un nivel freático de más de 3 metros.

La lluvia influye en los fenómenos biológicos y químicos, pues con ella se acelera el transporte de contaminantes, se produce el deterioro de las vías de acceso y se afectan las jornadas laborales en el Relleno Sanitario, por lo tanto los Rellenos deben ser drenados superficialmente, por la periferia y por el fondo del Relleno. El viento también incide negativamente, pues arrastra los olores, pequeñas partículas sólidas y al polvo causando las consabidas molestias en las poblaciones vecinas.

### **1.5.1.4 Impactos Ambientales provocados por los Rellenos Sanitarios**

Los impactos ambientales que sufre el medio ambiente a través del desarrollo de las etapas de un Relleno Sanitario son de diferentes características y tal vez lo más relevante y que trasciende mayoritariamente son aquellos impactos que se producen en la etapa de

operación y construcción del Relleno. Los efectos de los variados impactos pueden verse incrementado o disminuidos por las condiciones climáticas del lugar y por el tamaño de la obra.

Los principales efectos negativos provocados en la etapa de habilitación de un Relleno Sanitario, a criterio de Gómez, (2007), se enumeran a continuación:

- Remoción de la capa superficial de suelos (alteración de vegetación y fauna).
- Movimientos de tierra.
- Intercepción y desviación de aguas de lluvias superficiales.
- Interferencia al tránsito (efectos barreras).
- Alteración de la permeabilidad propia del terreno.
- Alteración del paisaje.
- Fuente de trabajo (corto plazo).
- Actividades propias de una faena de obras civiles: ruido, polvo, tránsito, movimiento de maquinaria pesada.

Los efectos o impactos ambientales negativos provocados en la etapa de operación y construcción del Relleno a criterio del mismo autor de la página citada anteriormente, son los siguientes:

- Impactos por incremento del movimiento.
- Contaminación atmosférica; olores, ruidos, material particulado, biogás.
- Contaminación de aguas; líquidos percolados.
- Contaminación y alteración del suelo; diseminación de papeles, plástico, y materias livianas, extracción de tierra para ser utilizada como material de cobertura.
- Impacto paisajístico; cambio en la topografía del terreno, modificación en la actividad normal del área.
- Impacto social; fuente de trabajo, efecto NIMBY (nadie lo quiere), incremento de la actividad vial.

Los impactos ambientales originados en la etapa de clausura de un Relleno Sanitario son:

- Impacto paisajístico; recuperación vegetación, recuperación fauna.
- Impacto social; integración de áreas a la comunidad, disminuyen fuentes de trabajo.

Además, los Rellenos pueden causar la dispersión de la basura por el viento o los animales de rapiña, malos olores y peligros de incendio; la basura en llamas no es solo una molestia sino que el humo es muy peligroso para la salud. (Oeltzchner y Mutz, 1994)

#### **1.5.1.5 Medidas para la mitigación de los Impactos Ambientales de un Relleno Sanitario**

Gómez, (2007), reporta que las medidas de mitigación empleadas para reducir los impactos ambientales negativos de un Relleno Sanitario dependen de una serie de factores, entre los cuales destacan: las características del proyecto, tecnología utilizada, localización, condiciones de operación (tamaño, clima), etc. No obstante es posible identificar los impactos más frecuentes generados por este tipo de faena y las medidas que normalmente se emplean para su mitigación.

##### 1.- Olores:

- Utilización de pantallas vegetales, (árboles, arbustos).
- Tratamiento de los líquidos percolados.
- Quema del biogás cuando hay metano suficiente.

##### 2.- Ruidos:

- Pantallas vegetales.
- Utilizar equipos de baja emisión de ruidos.

##### 3.- Alteración del suelo:

- Adecuada impermeabilización del Relleno Sanitario, para evitar filtraciones.
- Vegetación para evitar erosión.
- Rellenamiento para evitar nivelar zonas con asentamiento diferencial o pendientes fuertes.

##### 4.- Diseminación de materiales:

- Configurar barreras para evitar que el viento incida sobre el frente de trabajo.

- Utilizar mallas interceptoras.
- Desprender residuos de camiones antes que abandonen el Relleno.

5.- Material particulado:

- Riego de camino y de la tierra acumulada para el recubrimiento.
- Pantallas vegetales en el perímetro del Relleno.

6.- Control de vectores:

- Mantener aislado sanitariamente el recinto mediante la formación de un cordón sanitario que impida la infestación del Relleno por roedores y el paso de especies animales desde y hacia el recinto.
- Realizar fumigaciones y desratizaciones como mínimo, cada 6 meses. Los elementos químicos que se empleen en esta actividad, deben estar acordes con la legislación.

7.- Incremento del movimiento vehicular:

- Tratar de que la recolección se haga en horas diferidas.
- En caso de vehículos de estaciones de transferencia tratar que estos lleguen en forma secuencial.

8.- Líquidos percolados:

- Almacenamiento en depósitos cerrados.
- Recirculación.
- Tratamiento físico - químico y/o biológico.

9.- Biogás:

- Extracción con fines de utilización.
- Quema controlada.

#### **1.5.1.6 Medidas para realizar un adecuado Manejo en Rellenos Sanitarios**

Entre las principales medidas para realizar un manejo adecuado en los Rellenos Sanitarios se cuentan:

- a) Conservación de recursos: El manejo apropiado de las materias primas, la minimización de residuos, las políticas de reciclaje y el manejo apropiado de residuos traen como uno de sus beneficios principales la conservación y en algunos casos la recuperación de los recursos naturales. Por ejemplo puede recuperarse el material orgánico a través del compostaje.
- b) Reciclaje: Un beneficio directo de una buena gestión lo constituye la recuperación de recursos a través del reciclaje o reutilización de residuos que pueden ser convertidos en materia prima o ser utilizados nuevamente.
- c) Recuperación de áreas: Otros de los beneficios de disponer los residuos de forma apropiada en un Relleno Sanitario es la opción de recuperar áreas de escaso valor y convertirlas en parques y áreas de esparcimiento, acompañado de una posibilidad real de obtención de beneficios energéticos (biogás).

### **1.6 Lixiviados o líquidos percolados**

Fernández, (2006) y Wikipedia, (2008), aseguran que el drenado de un Relleno Sanitario, es el líquido producido por la fermentación del material orgánico allí depositado, el cual drena formando pequeñas cañadas o zanjas y llega de esta forma a una corriente de agua contaminándola con su alta carga de contaminantes orgánicos. Puede contener tanto materia en suspensión como disuelta, generalmente se da en ambos casos. La lluvia puede ser un medio acelerador de la llegada de esta carga contaminante a la fuente de agua por lo que aunque la concentración del agente contaminante disminuye un poco, la velocidad de contaminación de la corriente de agua se incrementa sensiblemente. Si el Relleno Sanitario no tiene sistema de recogida o de tratamiento para estos líquidos drenados, éstos se convierten en una fuente contaminante la cual puede llegar a alcanzar grandes proporciones en función del tamaño del Relleno Sanitario y de los volúmenes de basura que allí se depositan. Generalmente, el drenado es anóxico, ácido, rico en ácidos orgánicos, iones sulfato y nitratos, con alta concentración de microorganismos. Este drenado tiene un olor bien característico, difícil de ser confundido y olvidado.

El agua que ha entrado en contacto con la basura recoge gran cantidad de las sustancias que originalmente estaban dentro del residuo, quedando de esa manera altamente contaminada. Esta agua se denomina Lixiviado, y es uno de los líquidos más contaminados y contaminantes que se conozcan. De no recogerse adecuadamente y luego tratarse, el Lixiviado puede contaminar a su vez aguas subterráneas, aguas

superficiales y suelos. Por esta razón, y para evitar que esto ocurra, los Rellenos Sanitarios se impermeabilizan, se drenan apropiadamente y los Lixiviados recogidos por estos drenes, se deben tratar. (Giraldo, 2001)

Para Gutiérrez, (2003) y Gómez, (2007), los residuos, especialmente los orgánicos, al ser compactados por maquinaria pasada liberan agua y líquidos orgánicos, contenidos en su interior, el que escurre preferencialmente hacia la base de la celda. La basura, que actúa en cierta medida como una esponja, recupera lentamente parte de estos líquidos al cesar la presión de la maquinaria, pero parte de él permanece en la base de la celda. Por otra parte, la descomposición anaeróbica rápidamente comienza actuar en un Relleno Sanitario, produciendo cambios en la materia orgánica, primero de sólido a líquido y luego de líquido a gas, pero es la fase de licuefacción la que ayuda a incrementar el contenido de líquido en el Relleno, y a la vez su potencial contaminante. En ese momento se puede considerar que las basuras están completamente saturadas y cualquier agua, ya sea subterránea o superficial, que se infiltre en el Relleno, lixiviará a través de los desechos arrastrando consigo sólidos en suspensión, y compuestos orgánicos en solución. Esta mezcla heterogénea, de un elevado potencial contaminante, es lo que se denomina Lixiviados o líquidos percolados. El mismo debe recolectarse por medio de un sistema de drenajes construidos en la base del Relleno, que desemboca en las piletas de Lixiviados construidas en la parte más baja del terreno.

Roben, (2002), asegura que la cantidad de las aguas lixiviadas que se producen en un Relleno Sanitario depende de diferentes factores, como:

- Precipitación
- Área del Relleno
- Modo de operación (Relleno manual o compactado con maquinaria, sistema de compactación)
- Tipo de basura

La Tabla 1.6 muestra un cuadro resumen de la cantidad de aguas lixiviadas en diferentes situaciones.

**Tabla 1.6: Cuadro de cantidad de aguas lixiviadas en situaciones diferentes**

Tipo de Relleno	Producción de aguas lixiviadas (% de la precipitación)	Producción de aguas lixiviadas $\left(\frac{m^3}{hab \times día}\right)$		
		Precipitación 700 mm/año	Precipitación 1500 mm/año	Precipitación 3000 mm/año
Manual	60	11,51	24,66	49,32
Compactado con maquinaria liviana	40	7,67	16,44	32,88
Compactado con maquinaria pesada	25	4,79	10,27	20,55

Fuente: Roben, (2002): Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales

### 1.6.1 Composición de los Lixiviados.

Giraldo, (2001), asegura que los Lixiviados contienen toda característica contaminante principal, es decir, alto contenido de materia orgánica, alto contenido de nitrógeno y fósforo, presencia abundante de patógenos e igualmente de sustancias tóxicas como metales pesados y constituyentes orgánicos. Estas características son importantes en cuanto nos indican qué es lo que toca remover a los Lixiviados durante su tratamiento.

Teniendo en consideración las características de los componentes en los líquidos percolados, es indiscutible que estos pueden contaminar las aguas y los suelos con los cuales entran en contacto.

Sería ideal evitar todo tipo de contacto entre líquidos percolados, el agua y suelos subterráneos, pero, para tal efecto, habría que cuidar muchos aspectos que encarecerían la obra en tal forma que sería imposible de realizar.

Los contaminantes de origen orgánico son los más abundantes en los líquidos percolados, pero ellos van perdiendo esa característica en el transcurso del tiempo. Por otra parte, es un hecho comprobado que gran parte de ellos quedan retenidos al tener que pasar por un medio arcilloso, contribuyendo en gran medida a aumentar la impermeabilidad del medio.

El uso de arcilla como medio impermeabilizante es bastante común en América; otras geomembranas bastante usadas son el polietileno cloro sulfonado (Hypalon) y el polivinil clorado (PVC), en ocasiones las geomembranas son usadas con geotextiles (tejidos esponjosos) con el fin de protegerlas de desgarramientos y/o punzonamientos.

Gómez, (2006), señala que los Lixiviados contienen contaminantes que pueden ser clasificados en cuatro grupos: materia orgánica disuelta, sustancias inorgánicas, metales pesados y compuestos orgánicos xenobióticos.

La Tabla 1.7 muestra la composición del líquido percolado promedio que se genera en un Relleno Sanitario.

**Tabla 1.7: Composición de líquidos Lixiviados de un Relleno Sanitario**

Constituyente	Valor mg/l	
	Rango	Típico
DBO5	2000-30000	1000
COT	1500-20000	6000
DQO	3000-45000	18000
Sólidos suspendidos totales	200-1000	500
Nitrógeno orgánico	100-600	200
Nitrógeno amoniacal	10-800	200
Nitrato	5-40	25
Fósforo total	1-70	30
Orto-fósforo	1-50	20
Alcalinidad como CaCO3	1000-10000	3000
pH	5,3-8,5	6
Dureza total como CaCO3	300-10000	3500
Calcio	200-3000	1000
Magnesio	50-1500	250
Potasio	200-2000	300
Sodio	200-2000	500
Cloruro	100-3000	500
Sulfato	100-1500	300
Hierro total	50-600	60

**Fuente:** Tchobanoglous, *et al.*, (1982): Desechos Sólidos.

### 1.6.2 Calidad de los Lixiviados

La calidad de los Lixiviados en un Relleno Sanitario varía grandemente en el tiempo, al igual que con el tipo de Relleno Sanitario que se tenga. En particular vale la pena mencionar las diferencias que se tienen en las calidades de los Lixiviados entre aquellos de los países desarrollados con los de los países en vía de desarrollo. De manera resumida se puede decir que los Lixiviados de los Rellenos Sanitarios de los países en desarrollo presentan concentraciones mucho mayores de DBO, amoníaco, metales y sustancias precipitables que aquellos de países desarrollados. Esto tiene importantes implicaciones para la operatividad y el rendimiento de los procesos de tratamiento, y debe

tenerse cautela cuando se busque hacer la adaptación de las tecnologías a los casos locales.

Las diferencias se originan principalmente en los altos contenidos de materia orgánica fácilmente biodegradable (MOFBD), que se tiene en los residuos sólidos en los países en desarrollo. La MOFBD tiene un contenido de humedad alto, y como su nombre lo indica se degrada rápidamente en el Relleno Sanitario, produciendo a su vez altas concentraciones de ácidos grasos volátiles y de amoníaco (en general mucho más altas que las que se reportan típicamente para Lixiviados de países desarrollados) producto de la fermentación inicial. A su vez, estos ácidos se diluyen fácilmente en el Lixiviado del Relleno Sanitario, le bajan el pH y contribuyen a la solubilización de los metales presentes en los residuos dispuestos en el Relleno.

En la Tabla 1.8 se resumen las principales características de los Lixiviados jóvenes y viejos en un Relleno Sanitario.

**Tabla 1.8: Cuadro comparativo de características típicas de los Lixiviados de Rellenos Sanitarios**

Característica	Lixiviado joven	Lixiviado viejo
DBO	Muy alto	Bajo
DQO	Muy alto	Alto
Amoniaco	Muy alto	Alto
Fósforo	Usualmente Deficiente	Suficiente
pH	Muy bajo	Bajo
Detergentes	Muy Altos	Bajos
Sales disueltas	Muy Altas	Bajas (relativamente)
Agentes Incrustantes (Fe, Ca, Mg)	Muy Altos	Bajos
Metales Pesados	Muy Altos	Bajos

**Fuente:** Giraldo, (2001): Tratamiento de Lixiviados de Rellenos Sanitarios.

Como consecuencia los Lixiviados de las áreas de los Rellenos Sanitarios que han sido recientemente rellenas producen un Lixiviado altamente contaminante, denominado Lixiviado joven. A partir de ese momento, las concentraciones de las sustancias en el Lixiviado de una cochada de basura en el Relleno Sanitario disminuyen continuamente en el tiempo, esto ocurre como regla general, más sin embargo, en algunos casos como metales que presentan reacciones de óxido-reducción, puede ocurrir que la concentración al inicio del proceso de lixiviación no sea la mayor. Sin embargo, teniendo en cuenta que

un Relleno Sanitario se opera por lustros o décadas, siempre va a haber una parte del Relleno que aporta Lixiviado joven, la que se está rellenando en ese momento, mientras que otras partes del Relleno tienen Lixiviado maduro, las que tienen unos años, y otras Lixiviado viejo, las que tienen más de cinco años.

### **1.6.3 Control de los Lixiviados**

Como consecuencia de la impermeabilización del Relleno Sanitario, se acumulan en este una gran cantidad de líquidos percolados, los cuales deben ser manejados en forma apropiada. Es importante tener en el Relleno Sanitario los elementos necesarios para mantener un control total de los lixiviados, estos pueden ir desde almacenamientos en lagunas para luego recircularlos con equipos de bombeo, hasta sistemas de drenaje al interior del Relleno, depósitos de almacenamiento y tratamiento químico y/o biológico.

Es importante establecer un sistema de monitoreo rutinario que permita detectar y anticipar un eventual paso de líquidos percolados a través del terreno y subsecuentemente adoptar las medidas preventivas y correctivas que corresponda para evitar riesgos a la población, por consumo de agua de mala calidad.

### **1.6.4 Tratamiento de los Lixiviados**

El diseño de una planta de tratamiento de Lixiviado está directamente condicionada al caudal y tipo de Lixiviado generado. Éstos a su vez están determinados por un conjunto de elementos en los que pesan fundamentalmente la composición de la basura, la forma de operación del Relleno y las condiciones climáticas del lugar donde se realiza. De acuerdo a lo anterior las características de los Lixiviados generados pueden ser muy diferentes según las condiciones antes mencionadas, siendo otro factor importante a tener en cuenta el tiempo que lleva depositada la basura. (Borzacconi, *et al.*, 2001)

El tratamiento de estos drenados a criterio de Fernández, (2006), se puede realizar de forma similar a la depuración de aguas residuales, aunque con algunas diferencias debido a su alta carga orgánica. Los aspectos económicos y técnicos marcan el tipo de tratamiento más adecuado para cada caso concreto, combinándose en muchas ocasiones varios de ellos.

Fernández, (2006), asevera que los sistemas más extendidos en la actualidad son los que tratan el drenado en el mismo lugar ("in situ"), gracias a sus buenos resultados y al

encarecimiento de las otras opciones. Los métodos más simples están basados en la evaporación, natural o apoyada por sistemas de riego por aspersión o pulverización, o mediante inyección del drenado en túneles o naves cerradas. Asimismo, el mercado ofrece una gran variedad de tratamientos in situ, tanto biológicos como físico-químicos:

- Los tratamientos biológicos presentan varios modelos: Aerobios, consistentes en la degradación de los compuestos orgánicos de los drenados por la acción de microorganismos en presencia de oxígeno y agitación; Anaerobios, mediante una población bacteriana en ausencia de oxígeno; y lagunaje profundo, por el que se depuran los Lixiviados en balsas o lagunas mediante la flora bacteriana de las mismas. Levin y Gealt, (1997), menciona que el principal objetivo en este tratamiento, es la reducción de la DBO.
- Los tratamientos físico-químicos son más caros que los anteriores, pero necesitan instalaciones más pequeñas y sencillas y son menos sensibles a las variaciones del medio. En este caso, las técnicas empleadas son: Precipitación química, que consiste en acelerar la decantación de los sólidos en suspensión agregando determinadas sustancias; oxidación química, en la que se degradan los compuestos orgánicos del líquido drenado mediante agentes oxidantes; adsorción, donde se utiliza un filtro de carbón activo para depurar las sustancias contaminantes; y osmosis inversa, por la que se filtra el líquido a través de membranas a diferentes presiones

Por su parte, los tratamientos en un lugar distinto del vertedero ("off-site"), normalmente depuradoras de aguas residuales urbanas o industriales, se emplean cuando no hay más opción y si estas instalaciones admiten cargas orgánicas muy elevadas, aunque en poco caudal.

Giraldo, (2001), propone las siguientes alternativas para el tratamiento de los Lixiviados:

- **Procesos Anaerobios:** Las tecnologías clásicas para la remoción de materia orgánica, que como en el caso de los Lixiviados es predominantemente materia orgánica disuelta, son los procesos biológicos de tratamiento. Actúan como un digestor, las bacterias descomponen la materia orgánica y forman CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> como producto de la descomposición. (Peña, 2007).
- **Procesos Aerobios:** Se utilizan cuando se requiere obtener una baja concentración de DBO en los efluentes. Vale la pena aclarar que como

usualmente las concentraciones de DBO en los Lixiviados son muy altas es relativamente fácil tener remociones porcentuales superiores al 90% en este parámetro.

- **Sistemas Naturales:** Los sistemas naturales, lagunas y humedales artificiales, también se han propuesto como alternativas para el tratamiento de Lixiviados. Tienen la ventaja de la simplicidad en su operación, y la posibilidad de lograr diferentes niveles de tratamiento, desde un pretratamiento, hasta un tratamiento terciario en caso de necesitarse. La combinación de las lagunas y los humedales puede manejar adecuadamente muchos de los problemas que en otras tecnologías aparecen como son: la acumulación de precipitados, la formación de espumas, la toxicidad a los microorganismos y las variaciones en cargas hidráulicas y orgánicas.

La principal desventaja que se tiene con estos sistemas es la cantidad de terreno que requiere para localizar los procesos. Sin embargo, por la naturaleza misma de los diseños de los Rellenos Sanitarios, en donde hay necesidad de tener áreas de amortiguamiento visual, de ruido, y de olores, estas áreas que usualmente están localizadas en los alrededores del Relleno, podrían utilizarse como parte de los sistemas naturales de tratamiento; en especial en el caso de los humedales.

- **Evaporación:** La utilización de la evaporación como sistema de tratamiento de Lixiviados es una aplicación nueva, al igual que los humedales. En ella se utiliza la energía que se tiene en el biogás del Relleno Sanitario en evaporar el Lixiviado por calentamiento. La principal ventaja es que soluciona los dos principales problemas que tienen los Rellenos Sanitarios: emisiones de gases y de Lixiviados. Otras de las ventajas que con frecuencia se mencionan en favor de la tecnología de la evaporación son la simplicidad tecnológica de los equipos, y los bajos costos comparativos con otras tecnologías similares.
- **Recirculación de los Lixiviados:** Consiste en utilizar el Relleno Sanitario como un gran reactor anaerobio de tal manera que dentro del mismo Relleno se logre la conversión a metano de los ácidos grasos que están presentes en el Lixiviado. Al recircular- los Lixiviados se logra un aumento en la humedad de los residuos dispuestos, que a su vez genera un aumento de la tasa de producción de gas metano en el Relleno.

- **Sistemas de Membranas:** La tecnología del tratamiento de aguas utilizando membranas es una tecnología de rápido desarrollo en la última década. Con mayor frecuencia se observan más aplicaciones de las membranas en el tratamiento de todo tipo de efluentes, incluyendo obviamente los Lixiviados de Rellenos Sanitarios. Se encuentra en la literatura aplicaciones de la microfiltración, la ultrafiltración, la nanofiltración, la ósmosis inversa, la ósmosis directa e inclusive la pervaporación al tratamiento de los Lixiviados, bien sea de manera directa, o acoplada a otro tipo de proceso de tratamiento.

Como se puede observar de todo lo anteriormente señalado, un manejo inadecuado de los Residuos Sólidos Urbanos y la ausencia de sistemas de tratamientos de residuales o los problemas tecnológicos en la operación de estos sistemas de tratamiento, provocan que un Relleno Sanitario se convierta en una significativa fuente de contaminación, generando impactos apreciables en el suelo, en las corrientes de aguas superficiales cercanas a ellos, en las aguas subterráneas, en los trabajadores del propio Relleno y muy especialmente sobre los moradores del entorno donde se encuentra enclavada esta instalación.

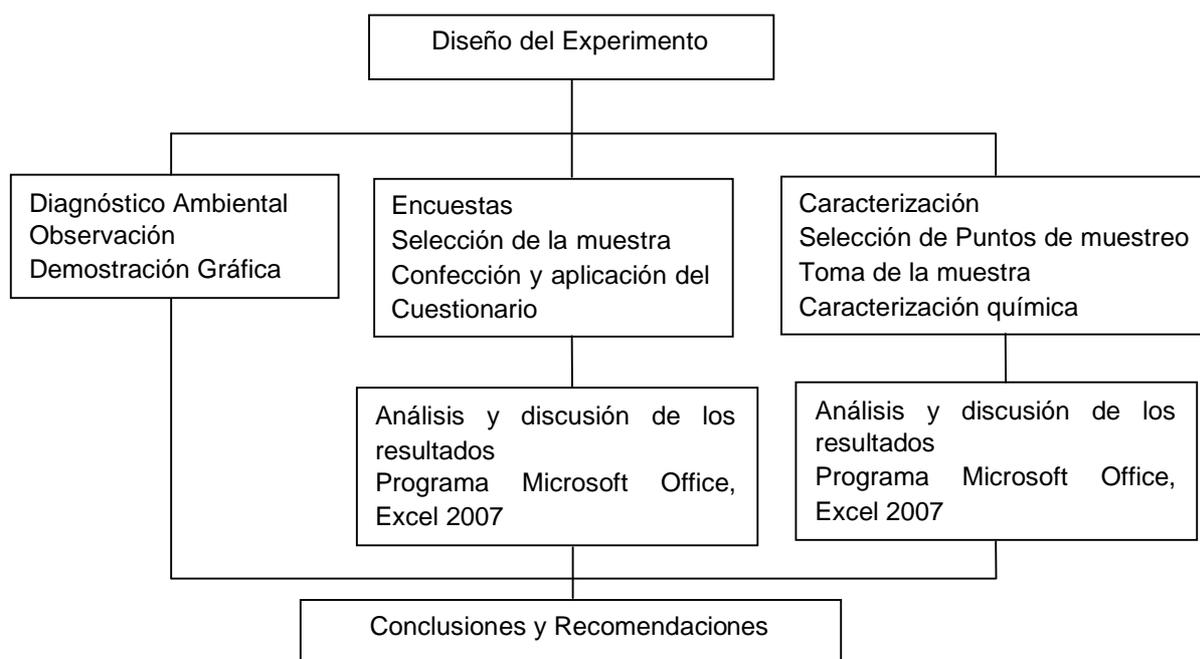
# CAPITULO II

---

## **CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente capítulo trata sobre los materiales y métodos que se emplearon para la realización del tema de investigación. En él se explican detalladamente cada uno de los métodos para la elaboración del marco teórico, y de la investigación misma para dar cumplimiento a los objetivos tanto al general como a los específicos planteados, así como los materiales que se emplearon para el análisis de las muestras tomadas y el procesamiento de la información obtenida.

El proceso metodológico seguido para llevar a cabo la recopilación y el procesamiento de la información que se realizan en este trabajo aparecen reflejados de forma resumida en la Figura 2.1.



**Figura 2.1:** Proceso metodológico de la Investigación.

### **2.1 Materiales y equipos utilizados**

Los materiales y equipos utilizados en la elaboración del presente trabajo de investigación se enumeran a continuación:

- Softwares estadísticos.

- PC LG.
- Cámara digital Sony Cyber-Shot 7,2mp.
- Cristalería de laboratorio.
- Reactivos químicos para el análisis de: DBO<sub>5</sub>, DQO, Plomo, Mercurio, Alcalinidad, Arsénico, Cianuro, Sólidos Suspendidos Totales, Nitritos, Potencial de Hidrógeno, Nitratos, Fósforo total, Coliformes totales, Coliformes fecales.
- Frascos estériles para la toma de muestras para el análisis de Coliformes totales y fecales.
- Botellas limpias de 3 litros para la toma de muestras para los análisis restantes.
- Equipos de laboratorio para los análisis anteriormente mencionados.
- Hojas de papel Bond.
- Impresora HP DeskJet 840C.
- Celular LG KE990d.
- Laptop HP Pavilion dv2725

## 2.2 Métodos empleados

En la presente investigación se usan los siguientes métodos: teóricos y empíricos.

- **Métodos Teóricos:** son aquellos que permiten revelar las relaciones esenciales del objeto de investigación, son fundamentales para la comprensión de los hechos y para la formulación de la hipótesis de investigación.

Los métodos teóricos potencian la posibilidad de realización del salto cualitativo que permite ascender del acondicionamiento de información empírica a describir, explicar, determinar las causas y formular la hipótesis investigativa.

- **Métodos Empíricos:** Definidos de esa manera por cuanto su fundamento radica en la percepción directa del objeto de investigación y del problema.

Los métodos empíricos de investigación permiten efectuar el análisis preliminar de la información, así como verificar y comprobar las concepciones teóricas.

Su aporte al proceso de investigación es resultado fundamentalmente de la experiencia. Estos métodos posibilitan revelar las relaciones esenciales y las características fundamentales del objeto de estudio, accesibles a la detección sensorial, a través de procedimientos prácticos con el objeto y diversos medios de estudio. Su utilidad destaca en la entrada en campos inexplorados o en aquellos en los que destaca el estudio descriptivo.

### 2.2.1 Métodos Teóricos

A continuación se especifican los diferentes métodos teóricos que se utilizaron para la elaboración de la presente investigación:

- **Histórico:** Permite el conocimiento científico de los hechos actuales mirándolos desde su origen o desde etapas anteriores de su desarrollo, en comparación con las características actuales. Se utiliza para evaluar el desarrollo del campo investigado, donde se revelan las etapas principales de su desenvolvimiento. Se evaluarán los problemas existentes, los que van sucediendo y el comportamiento de las distintas etapas de investigación.
- **Dialéctico:** Se utilizará para develar las contradicciones existentes en el campo investigado, utilizándose para impulsar la investigación. Es decir, deterioro ambiental del área objeto de estudio e implementación de acciones para su mitigación a través del proceso investigativo.
- **Genético:** Para determinar las células del problema, ayudará a definir con exactitud la situación actual del área objeto de estudio y se crearán las bases para implementar el plan acciones dirigidas a la solución de los problemas ambientales presentes.
- **Sistémico estructural:** Se empleará para caracterizar el problema y el campo de caracterización, determinar todos los elementos que contribuyan a la ocurrencia del problema, siendo el inadecuado manejo del Relleno Sanitario de la ciudad de Puyo, el principal problema del área objeto de estudio.
- **Inductivos – Deductivos:** Se realizará una amplia revisión bibliográfica sobre el tema en: Internet, Libros y Revistas especializadas. Se consultarán informes y documentos técnicos sobre el área objeto de estudio, así como de las leyes,

reglamentos y normas técnicas que regulan los Impactos ambientales de los procesos constructivos.

### 2.2.2 Métodos Empíricos

- Para la realización del Diagnóstico de la situación actual del Relleno Sanitario de la ciudad Puyo, se aplicaron el Método de la Observación, así como el de la Demostración Gráfica de los problemas ambientales identificados, a través de la toma de fotos ilustrativas de cada uno de estos problemas.
- Para conocer el criterio de los Moradores de la zona objeto de estudio se aplicó el **Método de la Encuesta** a través del uso de la técnica del Cuestionario, el cual fue aplicado a la totalidad de los habitantes de la zona cercana al Relleno Sanitario, para buscar información sobre los problemas que genera esta instalación que afectan sus condiciones de vida y al entorno. La estructura de las preguntas del Cuestionario se hicieron destacando aspectos ambientales como: disposición de los desechos, estado del Estero Chilcayacu, elementos afectados por el Relleno, molestias causadas por el mismo, entre otros. El cuestionario aplicado se muestra en el Anexo 1 del presente informe de Tesis
- Para la caracterización de las aguas residuales así como la calidad de las aguas del Estero Chilcayacu se utilizó el **Método Experimental**, diseñándose un experimento que permitiera a través de la toma de muestras de agua y del análisis químico de las mismas, medir los niveles de contaminación tanto del agua del Estero Chilcayacu como del líquido Lixiviado generado en el Relleno Sanitario.
- **Métodos Estadísticos:** Este método y sus diferentes técnicas, se utilizaron para procesar e interpretar los resultados del Cuestionario aplicado a los Moradores del lugar. Para el procesamiento de los resultados del Cuestionario se utilizó el Programa Microsoft Excel para Windows versión 2007.

### 2.3 Descripción del área objeto de estudio

Puyo, ciudad de Ecuador situada en el centro-oriental del país, capital de la provincia de Pastaza y del Cantón del mismo nombre, se ubica en la margen derecha del río homónimo, afluente del Pastaza, a unos 950 m de altitud. Esta ciudad cuenta con una

población de 32.882 habitantes y la producción per cápita de basura se estima en unos 0,82 kg/hab/día.

El Cantón Pastaza ubicado en las estribaciones de la cordillera central y por la influencia de la llanura oriental, tiene un clima tropical húmedo con un alto nivel de pluviosidad. La temperatura máxima es de 28.5°C, la temperatura media 20.2°C y como temperatura mínima 14.3°C, con una precipitación media anual de 4.470 mm.

Con relación a la humedad atmosférica relativa, en las partes altas esta se acerca al 100%, mientras que en las partes más bajas es del orden del 85%, a la vez que la mínima absoluta es del 41%, según registros de Puyo.

La velocidad y dirección del viento, que se presenta para la provincia de Pastaza, corresponde a que sus vientos predominantes proviene del norte, siendo su máxima velocidad de 6 m/s en el mes de octubre

El Relleno Sanitario de la ciudad de Puyo se encuentra ubicado al este de la región, a una distancia de 6,5 Km. aproximadamente del centro de la ciudad, a mano derecha, en el Km. 4 vía a la parroquia Diez de Agosto.

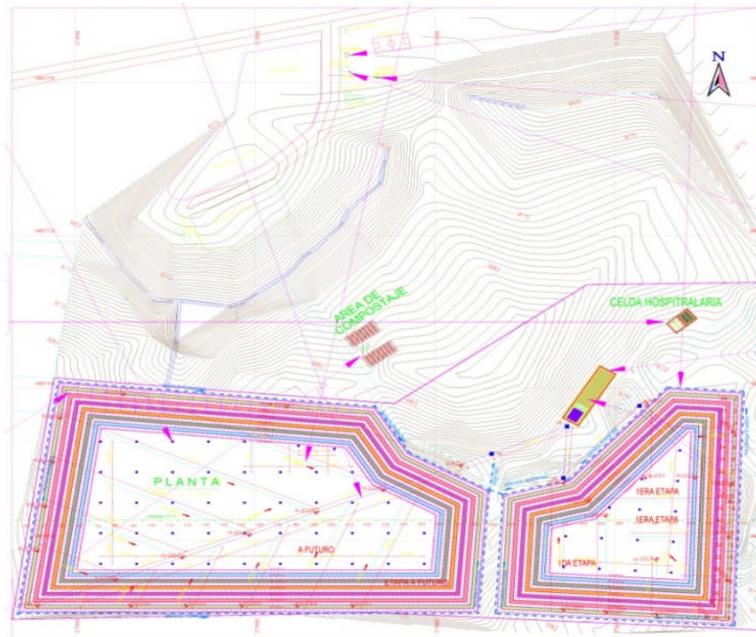
Según datos de la ASTEC, (2008), el Relleno Sanitario se localiza en la unidad geomorfológico denominada Piedemontes próximos con cobertura de cenizas volcánicas, se presenta como pequeñas colinas convexas o en ondulaciones suaves según la profundidad de la meteorización; las zonas menos disectadas sufren de un drenaje insuficiente. Este lugar está atravesado por un estero S/N y por el estero Chilcayacu que desemboca en el río Puyo.

El terreno tiene un área aproximada de 45 Ha, y el mismo se ha utilizado por el Municipio como botadero controlado por más de 10 años llegando a ocupar en la actualidad una superficie de 2,5 Ha de su totalidad.

Con el transcurso de varios años se ha convertido en un Relleno Sanitario operado de una forma más o menos técnica, en el que se tratan la mayoría de los desechos sólidos urbanos generados en la zona urbana de la ciudad. Por diversos factores técnicos y económicos, la eficiencia del tratamiento no es 100 % eficiente. Hay aspectos que no se han tomado en cuenta, y otros se han ido controlando conforme pasa el tiempo.

De la inspección realizada, así como del levantamiento topográfico ejecutado por el Municipio del cantón Pastaza, se concluye que el terreno es ondulado con desniveles que promedian los 5 metros desde la cota 980 msnm hasta la cota 975 msnm en promedio.

El método de disposición de los desechos sólidos urbanos que los carros recolectores del Municipio del cantón Pastaza recolecta, lo realizan en trincheras, las mismas que se cubren con arcilla que se obtiene del mismo lugar, para luego ser compactada por maquinaria pesada. La Imagen 2.1 muestra el plano del Relleno Sanitario de la ciudad de Puyo.



**Imagen 2.1:** Plano del Relleno Sanitario de la ciudad de Puyo.

## 2.4 Diseño del Experimento

El Diseño experimental de la presente investigación incluye la selección de los diferentes puntos para la toma de muestras de agua y del Lixiviado resultante de la degradación de la materia orgánica en el Relleno y su posterior análisis en los Laboratorios CESTTA de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Como Indicadores de Contaminación se seleccionaron los siguientes parámetros:

- $DBO_5$
- DQO
- Plomo
- Mercurio
- Alcalinidad
- Arsénico
- Cianuro
- Sólidos Suspendedos Totales
- Nitritos
- Potencial de Hidrógeno
- Nitratos
- Fósforo total

- Coliformes totales

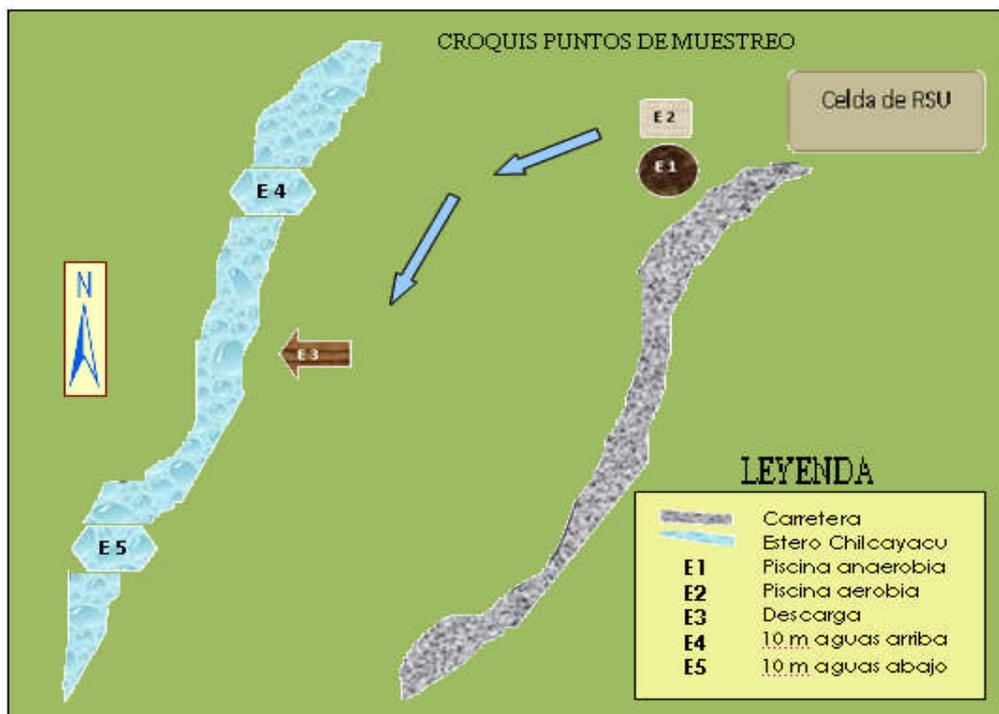
- Coliformes fecales

### **Definición de los Puntos de Muestreo**

Para determinar el nivel de contaminación debido a la descarga del líquido Lixiviado que se genera por la descomposición de los Desechos Sólidos en el Relleno Sanitario de la ciudad de Puyo, se tomarán muestras en los siguientes puntos:

- **E1:** Piscina anaerobia.
- **E2:** Piscina aerobia.
- **E3:** Descarga en la quebrada.
- **E4:** Estero Chilcayacu, 10 m aguas arriba.
- **E5:** Estero Chilcayacu, 10 m aguas abajo.

En la Imagen 2.2 se muestra un croquis de los puntos en los que se tomarán las respectivas muestras de líquido.



**Imagen 2.2:** Croquis de los puntos de muestreo.

## **Metodología para la toma de muestras**

Ya definidos los puntos de muestreo, y contando con todos los materiales para tomar las mismas se procederá según la siguiente metodología:

### **A. Para las Muestras del Lixiviado**

Se divide imaginariamente la piscina en cuatro partes y se toma una muestra de cada cuarto de piscina, para que la muestra sea lo más representativa posible.

1. Con la ayuda de una Vara metálica o de madera, se hunde el envase aproximadamente 1 metro para recolectar la muestra. Una vez colectada la muestra de cada cuarto de la piscina, las mismas se unen buscando uniformarla y posteriormente se envasan 2 litros en los frascos en los que se trasladarán a analizar en los Laboratorios CESTTA de la ESPOCH. Las muestras deben ser colocadas en un Cooler para su conservación y que no se alteren los resultados finales.

Este procedimiento se repite en todas las Lagunas seleccionadas como puntos de muestreo, hasta tener las muestras correspondientes a todos los puntos seleccionados.

### **B. Para las muestras de agua en el estero**

Para la toma de muestras en el estero Chilcayacu, buscando que la misma sea representativa, se toma una muestra cada 15 minutos del centro del estero por ser el lugar más turbulento. Estas muestras se unen en un recipiente buscando homogenizarlas y posteriormente son envasadas a razón de 2 litros para cada punto de muestreo en envases de vidrio debidamente esterilizados.

1. Con la ayuda de una Vara, se hunde el recipiente para tomar la muestra. Esta se toma 10 metros aguas arriba y 10 metros aguas abajo a partir del punto de vertido de la quebrada.
2. Las Muestras se colocan en un Cooler para su conservación y traslado hacia el lugar de análisis (Laboratorios CESTTA).

### **Metodología para calcular el Índice de Calidad del Agua**

Esta metodología propuesta por Conesa, (2000), sirve para la evaluación de la calidad ambiental del Estero Chilcayacu por concepto de los residuales vertidos en él.

- La manera más sencilla y práctica de estimar la calidad del agua consiste en la definición de índices o ratios de las medidas de ciertos parámetros físicos, químicos o biológicos en la situación operacional, referenciados con otra situación que se considera admisible o deseable y que viene definida por ciertos estándares o criterios.
- Los parámetros más frecuentemente admitidos y utilizados son: DBO; sólidos disueltos y en suspensión; compuestos de nitrógeno, fósforo, azufre y cloro; pH; dureza; turbidez; conductividad; elementos tóxicos; y elementos patógenos.

Para su cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$ICA = K \sum (C_i P_i) / \sum P_i \quad \text{Ec. 2.1}$$

Donde:

$C_i$  = valor porcentual asignado a los parámetros.

$P_i$  = peso asignado a cada parámetro.

$K$  = constante que toma los siguientes valores:

- 1,00 para aguas claras sin aparente contaminación.
- 0,75 para aguas con ligero color, espumas, ligera turbidez aparente no natural.
- 0,50 para aguas con apariencia de estar contaminada y fuerte olor.
- 0,25 para aguas negras que presente fermentaciones y olores.

La estimación de  $C_i$  y  $P_i$  se realiza a partir de los valores que aparecen en el Anexo 2.

# CAPITULO III

---

## **CAPÍTULO III: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

En el siguiente capítulo se presenta una caracterización del área objeto de estudio, así como se exponen y analizan los resultados del Diagnóstico medioambiental del Relleno Sanitario, del Cuestionario aplicado a los moradores del lugar así como de la caracterización de los Indicadores de la Calidad de Agua tanto residual como del estero Chilcayacu.

### **3.1 Diagnóstico del área objeto de estudio**

El principal problema que presenta el Manejo de los Desechos Sólidos del cantón Pastaza es que los habitantes no cuentan con una adecuada cultura ambiental. Por parte de las autoridades competentes se han puesto en práctica diversas campañas como por ejemplo una dirigida a la separación de desechos urbanos en biodegradables y no degradables en el propio hogar. Desafortunadamente los pobladores han hecho caso omiso a estos programas y por este motivo, el manejo y tratamiento de los desechos urbanos se ha tornado más complejo en la actualidad en la ciudad de Puyo.

Al Relleno Sanitario llegan desechos de todo tipo, mezclados unos con otros; el trabajo para separar lo degradable con lo no degradable es difícil, contando con que Puyo es una de las ciudades de mayor ocurrencia de precipitaciones anuales a nivel mundial.

Diariamente, los carros recolectores recolectan entre 25 a 30 toneladas de desechos sólidos en la ciudad.

#### **3.1.1 Problemas encontrados en el área objeto de estudio**

El Relleno Sanitario de la ciudad de Puyo, ubicado en la parte este de la ciudad, presenta diversos problemas ambientales, los que se enumeran a continuación:

##### **1. Contaminación y Erosión del suelo**

El Relleno Sanitario presenta un suelo arcilloso con baja permeabilidad, más no nula, debido a su estructura. El material de cobertura que se emplea para el recubrimiento de los Desechos Sólidos Urbanos, se obtiene del mismo lugar en el que opera el actual Relleno Sanitario de la ciudad de Puyo, estas actividades generan alteración en la capa

del suelo, por la utilización misma de maquinaria pesada, además corre el riesgo de desbordamientos.

En este tipo de terrenos se presentan básicamente fenómenos erosivos de mediana a baja intensidad que pueden ser mitigados con métodos de reforestación y control del drenaje, además, son materiales susceptibles a rotura de taludes en condiciones húmedas.

Por la permeabilidad del suelo que aunque baja, permite que los líquidos lixiviados que se generan por efecto de la descomposición de los desechos se filtren, los suelos de la zona se contaminan y degradan. La principal razón de esto es que las piscinas de recolección de lixiviados no cuentan con una capa de cubrimiento del suelo.

Las piscinas de lixiviados son huecos en el suelo, allí se depositan gran parte de los líquidos que se generan en el lugar, además de lo anterior, las piscinas no son cubiertas, por tal motivo, cuando llueve, el líquido lixiviado rebosa, llegando directamente este alto contaminante al suelo sin un previo tratamiento, contaminándolo y alterando su estructura.

La Imagen 3.1 muestra la erosión que está sufriendo el suelo.



**Imagen 3.1:** Grave proceso de Erosión presente en áreas del Relleno Sanitario.

## **2. Contaminación de las aguas superficiales**

Uno de los recursos ambientales que más se degrada, producto de agentes altamente contaminantes como los Lixiviados de Rellenos Sanitarios son las aguas, en este caso las superficiales del estero Chilcayacu. A pesar de las características autodepurativas que presentan las aguas fundamentalmente las que fluyen a determinada velocidad, existen contaminantes como los metales pesados y otros compuestos químicos como los

Cianuros y el Arsénico que permanecen en ella; por lo tanto el tratamiento de las mismas es complejo.

Como se señaló anteriormente, la forma de tratar los líquidos percolados que se producen en el Relleno no es la óptima para el lugar. Aunque aún no es el más adecuado, los lixiviados que se generan en el Relleno Sanitario reciben un tipo de tratamiento, pero por el rebosamiento de estas lagunas debido a los altos índices de precipitaciones anuales que ocurren en esta Provincia, las aguas residuales son descargadas a la quebrada del estero Chilcayacu con un alto grado de contaminación.

La imagen 3.2 muestra aspectos de la contaminación en el estero Chilcayacu.



**Imagen 3.2:** Sedimentos adheridos a las rocas en el fondo del estero Chilcayacu.

### **3. Contaminación del aire**

Se conoce que la biodescomposición de los desechos sólidos urbanos generan una gran cantidad de gases, los cuales si no son manejados adecuadamente pueden provocar diversos problemas de contaminación del aire y accidentes en detrimento de la salud de los trabajadores.

La basura que llega, se deposita es depositada en la celda correspondiente, pero el tiempo transcurrido para su tratamiento es muy largo. Por tal motivo se puede notar una gran cantidad de basura acumulada esperando su tratamiento, la cual dado el alto índice de precipitaciones en la zona y el contenido de agua que contienen los desechos orgánicos, se descomponen a cielo abierto generando un olor desagradable y un lixiviado que fluye superficialmente hacia las zonas más bajas.

La producción de malos olores por parte del Relleno Sanitario afecta a las personas que habitan en las cercanías del área de disposición final y fundamentalmente a los trabajadores internos los cuales no tienen el hábito de usar los medios de protección tan necesarios para este tipo de actividades.

#### **4. Alteración de la vegetación**

La arborización de un Relleno Sanitario es un tema muy importante que se debe comenzar desde la construcción del Relleno y continuar durante todo el período operativo. Esta actividad ayuda considerablemente a minimizar daños ambientales, además contribuye a estabilizar los taludes y disminuye la cantidad de las emisiones.

Los bosques constituyen una barrera natural contra la dispersión de malos olores y polvo. En los alrededores del Relleno, existe un bosque secundario que está en franco proceso de deforestación y contaminación.

Hace unos años, el actual Relleno Sanitario era un botadero a cielo abierto, incontrolado. Las celdas donde antes se depositaban los desechos fueron cubiertas y abandonadas, por lo tanto están totalmente desoladas. En el mundo es práctica común que después de ser utilizadas y cubiertas las celdas, se deben sembrar árboles o plantas para recuperar el área.

Por los problemas especificados anteriormente, la vegetación del lugar se encuentra en peligro. Las actividades que se realizan para extraer el material de cobertura de los desechos provocan la degradación y deforestación de la flora presente en el área objeto de estudio, además de la contaminación del agua y del suelo que afecta a la vegetación.

Las imágenes 3.3 y 3.4 muestran el proceso de deforestación que se presenta en el Relleno Sanitario.



**Imagen 3.3:** Máquina extrayendo material de cobertura.



**Imagen 3.4:** Deforestación en el Relleno Sanitario.

## 5. Presencia de vectores de contaminación y transmisores de enfermedades

Por la constante acumulación de los desechos sólidos urbanos, existe la presencia de diversos vectores de contaminación, como por ejemplo, los gallinazos (aves carroñeras), que son los más visibles en el área, estos animales se concentran sobre la basura, la dispersan y contaminan el lugar.

La Imagen 3.5 muestra la presencia de vectores de contaminación.



**Imagen 3.5:** Aves carroñeras sobre los desechos sólidos urbanos.

Este es un serio problema, principalmente para las personas que trabajan en el lugar. Motivado por la gran diversidad de materiales de desecho que llegan al Relleno Sanitario, y fundamentalmente debido a su descomposición a la intemperie, se generan diversos Vectores de transmisión de enfermedades como los mosquitos, los que a través de su picadura pueden transmitir un sinnúmero de enfermedades infectocontagiosas muy peligrosas, además existen Cucarachas, Moscas, Roedores, así como el medio es propicio para la presencia de Culebras venenosas lo que incrementa la peligrosidad del medio para los trabajadores y visitantes del Relleno Sanitario. Los trabajadores del Relleno no utilizan el equipo apropiado como guantes, mascarillas, botas, entre otras, para la realización de las diferentes actividades que allí ejecutan. Con esto se corre el riesgo de la adquisición de varias enfermedades por la manipulación directa de los desechos. Teniendo en cuenta los diversos factores de riesgo a los que están expuestas las personas que trabajan en el Relleno Sanitario de la ciudad de Puyo se puede resumir que las mismas están expuestas a serios peligros en la realización de sus actividades, lo cual se ve incrementado a partir de la falta de medios de protección y el no uso de los que regularmente se le entregan a cada trabajador del relleno Sanitario por parte de su Administración.

La imagen 3.6 muestra personas realizando labores de clasificación y reciclado de los RSU, sin medios de protección apropiados para el trabajo, junto a vectores de contaminación.



**Imagen 3.6:** Trabajadores sin los medios apropiados para el trabajo.

## **6. Insuficiente reciclaje de los desechos**

Los materiales que se pueden reciclar como es el caso de los plásticos, se encuentran acumulados a la derecha del sector donde se deposita la basura y no se hace nada con ello, además por la presencia de gallinazos y por la cercanía de la piscina donde llega el líquido lixiviado puro, hay materiales sólidos de gran tamaño que caen en las mismas.

La imagen 3.7 muestra la acumulación de los desechos plásticos a un costado de la celda de tratamiento de los desechos sólidos urbanos.



**Imagen 3.7:** Acumulación de plásticos ya reciclados.

## 7. Falta de drenaje para las aguas pluviales

Para un sector en que el nivel de precipitación es alto, el sistema o red de drenaje para las aguas pluviales es indispensable. El área objeto de estudio no cuenta con un sistema de drenaje para las aguas de lluvia. Cuando ocurren precipitaciones abundantes, estas se mezclan con las de las piscinas de tratamiento, incrementándose los volúmenes de lixiviado a tratar y desbordándose estas, contaminando los recursos suelo y agua.

Las Imágenes 3.8 y 3.9 muestran la falta de drenaje para las aguas pluviales en el Relleno Sanitario de Puyo.



Imagen 3.8 y 3.9: Falta de drenaje pluvial en las áreas del Relleno Sanitario.

## 8. Deterioro de las vías internas del Relleno Sanitario

Las vías internas por las que los carros recolectores arriban al sitio donde depositan los desechos sólidos son lastradas y se encuentran en mal estado. Por tal motivo de los camiones se desborda la basura, creándose microbasurales fuera de las áreas de depósito habilitadas para la descarga de los camiones de recolección. Esto incrementa el potencial contaminante del Relleno y crea las condiciones para que proliferen los vectores transmisores de enfermedades en la zona.

La Imagen 3.10 muestra la acumulación de basura en las vías internas del RS.



**Imagen 3.10:** Vías internas cubiertas de basura.

## **9. Deficiencias en el Tratamiento de lixiviados**

Debido a la distancia a las que los Rellenos Sanitarios se ubican de los centros poblados, los líquidos que se generan en los mismos, se descargan normalmente a corrientes de agua, en el caso del Relleno de la Ciudad Puyo, las descargas una vez tratadas en el Sistema de Tratamiento de Residuales que el mismo posee, se vierten a través de una quebrada al estero Chilcayacu.

El tratamiento de los lixiviados es indispensable para todo Relleno Sanitario. El Relleno de la ciudad de Puyo cuenta con un sistema de tratamiento de lixiviados poco eficiente. El mismo posee una piscina aeróbica y una anaeróbica. La piscina anaeróbica pese a que se encuentra impermeabilizada con una membrana, se desborda en los períodos de alto nivel de precipitaciones por su baja profundidad, por la carencia de drenajes pluviales en las áreas del Relleno y por estar ubicada en una zona más baja que donde se encuentran ubicadas las celdas de tratamiento. Esto genera problemas de contaminación del suelo y del estero Chilcayacu, y disminuye su eficiencia de trabajo.

Por el desbordamiento de basura de los carros recolectores, los cuales son arrastrados por las lluvias hasta las piscinas, estas presentan gran cantidad de sólidos de gran tamaño (botellas plásticas, ramas de árboles, otros materiales orgánicos e inorgánicos), suspendidas en las mismas, lo que incide directamente en la eficiencia de trabajo de los procesos de biodegradación en estas Lagunas.

La Imagen 3.11 muestra la piscina anaeróbica prácticamente sellada por la cantidad de sólidos suspendidos que en ella flotan.



**Imagen 3.11:** Piscina anaerobia con la presencia de sólidos suspendidos.

En cuanto al tanque colector, el cual está diseñado como Tanque Sedimentador también, por no estar cubierto y estar ubicado en una zona baja, ocurre lo mismo que en la piscina anaerobia. Además de sólidos de gran tamaño que flotan en el mismo, no se han tenido en cuenta en su totalidad los criterios para el diseño del tanque, ya que no existe una proyección de la cantidad de lixiviados que se pueden generar en el Relleno. Además no recibe el mantenimiento periódico que debe recibir, dado los grandes volúmenes de sedimentos que en él se depositan y que lo saturan en poco tiempo. La Imagen 3.12 muestra la acumulación de sólidos en el tanque colector del lixiviado puro.



**Imagen 3.12:** Tanque colector de lixiviado puro con sólidos suspendidos que prácticamente lo sellan.

Además de los problemas en el Tanque colector anteriormente señalados, a esto se suma que el mismo no cuenta con un sistema de impermeabilización, por lo que el lixiviado puro con un elevado nivel contaminante, está en contacto directo con el suelo.

La imagen 3.13 muestra la falta de impermeabilización del tanque colector de lixiviado.



**Imagen 3.13:** Tanque colector sin protección ni impermeabilización.

### **10. Creación de Minivertederos en áreas del Relleno Sanitario**

Los desechos sólidos llegan al Relleno Sanitario para ser tratados, por alguna razón, parte de ellos son depositados fuera de las celdas en que van a ser enterrados y compactados, de esta forma se convierten en pequeños microvertederos, con todos los problemas que ello conlleva. La Imagen 3.14 muestra ejemplos de la acumulación de basura en diversos sectores del Relleno, fuera del área en que reciben tratamiento.



**Imagen 3.14:** Acumulación de basura fuera de la celda de tratamiento.

### 3.2 Resultados de la caracterización de los indicadores de contaminación del agua en los puntos muestreados

En la Tabla 3.1 se muestran los resultados obtenidos del análisis en los diferentes puntos de muestreo seleccionados en la investigación. Los puntos muestreados fueron los siguientes:

- **E1:** Piscina anaerobia.
- **E2:** Piscina aerobia.
- **E3:** Descarga en la quebrada.
- **E4:** Estero Chilcayacu, 10 m aguas arriba.
- **E5:** Estero Chilcayacu, 10 m aguas abajo.

**Tabla 3.1 Cuadro de resultados de los indicadores en los puntos de muestreo**

Parámetro	Valor de los Indicadores en los Puntos de Muestreo				
	E1	E2	E3	E4	E5
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	2100	1200	6	2	3
DQO (mg/L)	4090	2008	37	6	13
Plomo (mg/L)	0,12	0,09	0,03	0,03	0,03
Mercurio (mg/L)	0,427	0,027	0,008	0,001	0,001
Cianuro (mg/L)	0,139	0,122	0,001	0,002	0,002
Arsénico (mg/L)	0,057	0,006	0,006	0,006	0,006
SST (mg/L)	860	720	52	48	32
Potencial de Hidrógeno	7,3	7,19	6,52	5,89	6,40
Alcalinidad (mg/L)	945	880	26	6	13
Coliformes totales (UCF/100 mL)	72000	33000	11000	1800	2500
Coliformes fecales (UCF/100 mL)	55000	27000	8100	390	450
Nitritos (mg/L)	0,048	0,035	0,027	0,002	0,003
Nitratos (mg/L)	2,1	1,3	0,3	0,2	0,2
Fósforo total (mg/L)	6,1	2,4	0,15	0,04	0,05

Fuente: Elaboración Propia

Comparando los parámetros del lixiviado puro en el Punto de muestreo E1 con respecto a la Norma Ecuatoriana de descarga de Efluentes, pese a que el lixiviado es un líquido altamente contaminante, con una carga orgánica y bacteriológica altísima, los niveles de Plomo, Mercurio, Arsénico, pH, Nitritos, Nitratos y Fósforo, se encuentran dentro de los

parámetros permisibles, sin esto querer decir que no causen impacto en el cuerpo de agua donde es vertido este residual. Las aguas del estero Chilcayacu desembocan en el Puyo y la degradación que estos componentes provocan en las aguas es significativa. Hay una gran cantidad de algas y no existen peces, lo cual demuestra la presencia de un proceso de Eutrofización por la presencia de fosforo y Nitrógeno en las descargas del Relleno Sanitario que llegan al estero.

Los niveles de los parámetros que sobrepasan los límites máximos permitidos por la Norma ecuatoriana de Calidad de Agua son: los Coliformes Totales y los Fecales, la  $DBO_5$ , la DQO, los sólidos suspendidos totales y el Cianuro.

El nivel de contaminación en el punto E1 (Laguna Anaeróbica) es elevadísimo, lo cual se corresponde con la realidad ya que el punto E1 coincide con la laguna de oxidación anaeróbica adonde llegan los lixiviados prácticamente crudos ya que no han recibido tratamiento previo alguno por la inoperancia del Tanque Sedimentador. La presencia en estos lixiviados de residuales de Cianuros y Arsénico corrobora lo planteado en la literatura sobre la presencia de estos compuestos en los lixiviados provenientes de Rellenos Sanitarios que contengan residuos de alimentos fundamentalmente de vegetales y hortalizas. Los valores de la  $DBO_5$ , la DQO y la de Coliformes tanto Totales como Fecales son igualmente elevadas, y si a ello se suma la presencia de metales pesados, nitritos, Fosforo y nitratos en porcentajes apreciables y teniendo en cuenta el poder contaminante de todos ellos, se puede concluir que los lixiviados que se generan en el Relleno Sanitario de la ciudad Puyo, son altamente nocivos y que después de recibir el lixiviado el tratamiento anaerobio, pasa a la laguna aerobia que corresponde al punto de muestreo E2. En la Tabla 3.1 se puede observar que los niveles de contaminación de los diferentes parámetros analizados bajan en gran medida, llegando algunos a disminuir a más de la mitad, pero con esto no se puede decir que el residual que se está tratando no es contaminante, ya que si analizamos los valores de Coliformes, tanto totales como fecales, los niveles son muy elevados, y hay que tomar en cuenta que este lixiviado tratado va a descargar en un curso de agua que es Afluente de la principal corriente fluvial de la ciudad que es el río Puyo. Aunque la Laguna Anaeróbica presenta problemas de incremento de sus volúmenes acumulados producto a la frecuente lluvia en la zona, a el exceso de sólidos suspendidos que tiene producto al mal manejo de los residuos sólidos en el relleno y a no contar con la profundidad idónea para un eficiente proceso

anaeróbico, indiscutiblemente en ella se disminuye apreciablemente la carga contaminante del lixiviado prácticamente puro que a ella llega.

En el punto E3 que corresponde al de descarga al estero, se puede notar que los niveles de contaminación bajan considerablemente en relación al los indicadores de contaminación del punto E2 (Laguna Aerobia), lo cual es indicativo de que también esta laguna contribuye a disminuir la carga contaminante del lixiviado generado en el relleno. No obstante los niveles de contaminación reducidos en el tratamiento combinado de estas dos lagunas, los mismos se mantienen elevados y por encima de los límites máximos permisibles recogidos en la Norma ecuatoriana para descargas líquidas a corrientes de agua dulce, para los casos de los Coliformes Totales y Fecales, y el nivel de Mercurio, los cuales hacen que esta descarga sea considerada como una Fuente contaminante para las aguas del estero Chilcayacu permitiendo además afirmar que la eficiencia del Sistema de tratamiento de Residuales instalado en el Relleno Sanitario de la Ciudad Puyo no es el adecuado para neutralizar el poder contaminante de los líquidos residuales que en él se generan.

El punto E4 ubicado antes de la descarga de los Efluentes provenientes del Relleno las aguas del estero llegan al mismo con un elevado contenido de Coliformes Totales y fecales que la inhabilitan para ser utilizada con fines recreativos, Agrícolas y muchos más para el Consumo humano. Este nivel de contaminación lo adquieren las aguas a partir de las descargas contaminantes que a lo largo de su recorrido recibe este estero. El resto de los Indicadores aunque por sus valores determinan un determinado nivel de contaminación, no sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en la Norma ecuatoriana de Calidad de Agua. Al comparar los Indicadores de Calidad de agua del Punto E4 con respecto al Punto E5 (aguas abajo del punto de descarga de los Residuales del Relleno), casi todos los Indicadores de contaminación evaluados se deterioran lo cual ratifica lo anteriormente concluido de que la eficiencia del sistema de tratamiento de Residuales del relleno Sanitario es poco eficiente y que las descargas de sus residuales tratados aún posee la suficiente carga contaminante como para incrementar los niveles de contaminación en esta corriente de agua. Por los contenidos de Coliformes tanto totales como Fecales estas aguas no son aptas para el consumo humano ni para fines estéticos, Recreativos ni para usos agrícolas según la Norma ecuatoriana de Calidad de agua. El incremento tanto de la DBO como de la DQO en el Punto E5 con respecto al Punto E4 (aguas abajo con respecto a aguas arribas del punto de descarga de las aguas residuales

procedentes del Relleno Sanitario), son indicadores del incremento de la presencia de Materia degradable, tanto de origen orgánico como inorgánico por lo que se puede inferir que los niveles de Oxígeno Disuelto (OD) disminuyan en el punto E5 con respecto a los niveles de OD del punto E4.

Evidentemente desde el punto de vista de sus niveles de contaminación, los efluentes líquidos que el Relleno Sanitario de la Ciudad Puyo vierte al estero Chilcayacu, constituyen un elemento contaminante que deteriora aún más las ya deterioradas aguas de esta corriente fluvial, haciendo que este estero se convierta en una fuente contaminante para el río Puyo al cual vierte sus aguas a pocos kilómetros de la zona estudiada.

### 3.3 Resultados del Método de Evaluación de Contaminación Ambiental.

En las Tablas 3.2 se muestran el índice de Calidad de Agua del estero Chilcayacu antes del punto de descarga de las aguas residuales del Relleno Sanitario a esta corriente fluvial.

**Tabla 3.2 Cuadro de resultados del Índice de Calidad de Agua del estero antes de la Descarga del Relleno Sanitario**

E4: Estero Chilcayacu, 10 m aguas arriba				
Parámetro	Valor	Pi	Ci	Pi x Ci
pH	5,89	1	48,9	48,9
Coli Total (UCF/100 mL)	1800	3	64	192
Aspecto	Normal	1	50	50
Nitrito (mg/L)	0,002	2	96	192
Fósforo (mg/L)	0,04	1	99,6	99,6
Nitrato (mg/L)	0,2	2	98	196
Cianuro (mg/L)	0,002	2	98	196
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	2	3	80	240
Total		15		1214,5
ICA	60,73			

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 3.3 se muestra los resultados obtenidos a partir del cálculo del Índice de Calidad del Agua, en el punto 10 m aguas abajo después de la descarga del residual tratado en el Relleno Sanitario.

**Tabla 3.3 Cuadro de resultados del Índice de Calidad de Agua después de la Descarga de los residuales del Relleno Sanitario**

E5: Estero Chilcayacu, 10 m aguas abajo				
Parámetro	Valor	Pi	Ci	Pi x Ci
pH	6,4	1	58	58
Coli Total (UCF/100 mL)	2500	3	55	165
Aspecto	Normal	1	50	50
Nitrito (mg/L)	0,003	2	94	188
Fósforo (mg/L)	0,05	1	99,5	99,5
Nitrato (mg/L)	0,2	2	98	196
Cianuro (mg/L)	0,002	2	98	196
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	3	3	70	210
Total		15		1162,5
ICA	58,13			

Fuente: Elaboración Propia

De las Tablas 3.2 y 3.3, se puede observar que a pesar de que el estero Chilcayacu antes de recibir la descarga de Efluentes del Relleno Sanitario, ya presenta niveles de contaminación que se pueden considerar como inadecuados, (recibidos a lo largo de su trayecto hasta esta zona), esta situación se agrava después de recibir las aguas residuales del Relleno. Esto se evidencia al observar los Indicadores de Calidad obtenidos al ser muestreada el agua en el Punto E5 aguas abajo.

El valor de los Coliformes totales sufre un gran incremento de 1800 a 2500 UCF/100mL. Como se puede apreciar a partir de estos resultados, el Relleno Sanitario está aportando a las aguas del estero un elevado contenido de patógenos altamente nocivos para la salud del hombre. Los límites permisibles en cuanto a Coliformes según la Norma Ecuatoriana para descarga de efluentes a corrientes de agua dulce superficial señalan que la remoción debe ser mayor al 99,9 % de los mismos, lo cual el Sistema de tratamiento de residuales del relleno Sanitario evidentemente no cumple.

En cuanto a pH, cianuros, nitritos, nitratos y fósforo, a pesar de que sufren ligeros cambios de un punto a otro sus valores se mantienen dentro de los permisibles por las Normas Ecuatorianas.

Del cálculo del Índice de Contaminación Ambiental (I.C.A.) se concluye que en el punto E4 el agua del estero viene con una calidad de 60,73 %, disminuyendo la misma al 58,13 % después de la descarga de los residuales líquidos del Relleno Sanitario.

### 3.4 Resultados de la Encuesta aplicada en la zona objeto de estudio

Una de las herramientas utilizadas buscando información que permitiera complementar el Diagnóstico realizado y a la vez que sirviera como fuente de propuestas de soluciones a la problemática medioambiental del sitio estudiado, fue la aplicación de un Cuestionario consistente en seis (6) preguntas a 10 moradores del sector, los que representan el 78% de la población total de la zona.

En el Anexo 3 se muestra la Tabla 3.4, con los resultados del Cuestionario aplicado a los moradores cercanos al Relleno Sanitario.

#### 3.4.1 Análisis de las variables encuestadas

Con respecto a la **Variable No. 1**, siete (7) de los 10 encuestados (Imagen 3.16), manifiestan que el Relleno influye negativamente sobre el ambiente y que este es el principal responsable del Deterioro ambiental presente en la zona, y de la disminución de la calidad de vida de los pobladores del área.

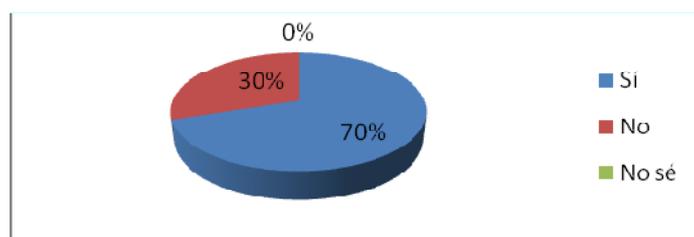


Imagen 3.16: Influencia del Relleno Sanitario sobre el Medio.

**Variable No. 2:** Las Respuestas a la pregunta sobre cuales son los elementos que el Relleno afecta (Ver Imagen 3.17), manifiestan que todos los elementos propuestos: agua, aire, suelo, flora y fauna son en mayor o menor medida afectados, destacando como los mayores afectados la Atmosfera y el Agua con un 80 y un 40% de los criterios de los encuestados respectivamente.

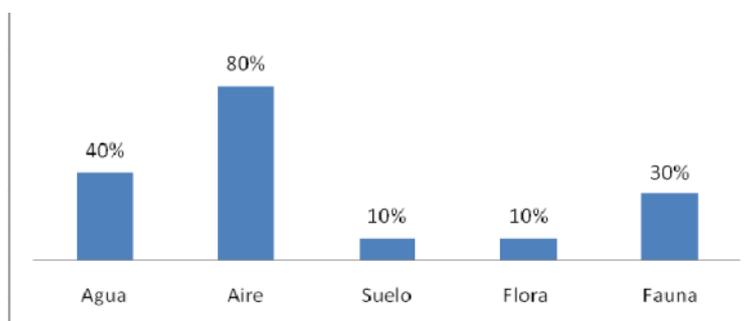
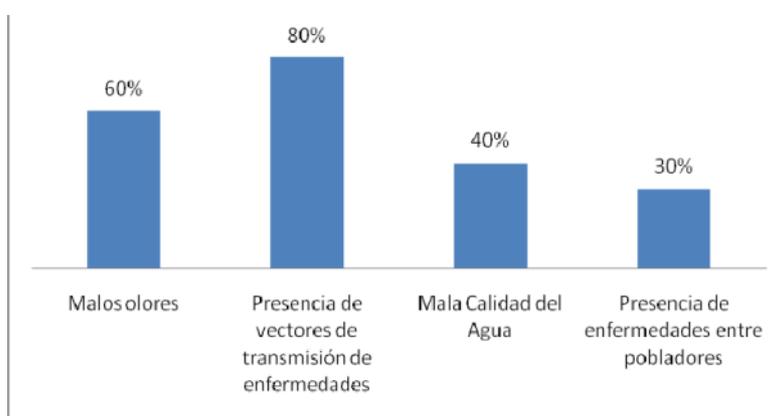


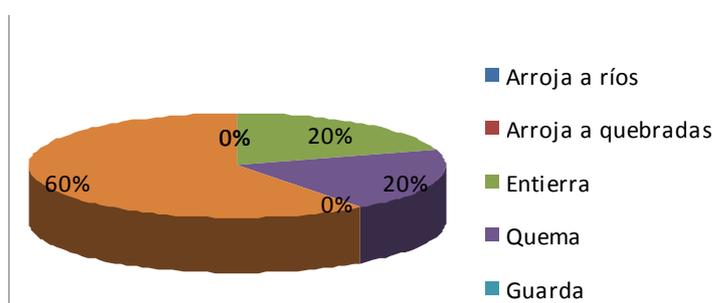
Imagen 3.17: Elementos afectados por el Relleno Sanitario.

La descomposición de los desechos orgánicos e inorgánicos (Imagen 3.18), genera varios problemas como malos olores por la emanación de gases de descomposición, incremento de vectores transmisores de enfermedades, deterioro de la calidad de cauces superficiales y subterráneos, contaminación del suelo, entre otras. Es así que, en cuanto a las molestias que el Relleno Sanitario causa a la población. (**Variable No. 3**), la mayoría de encuestados, para ser más exactos, el 80 % considera que la principal molestia es la presencia de diferentes vectores de contaminación, siguiéndole los malos olores con un 60 %, con un 40 % la mala calidad del agua y con un 30 % la presencia de enfermedades entre los pobladores; los pobladores de la zona aledaña al Relleno.



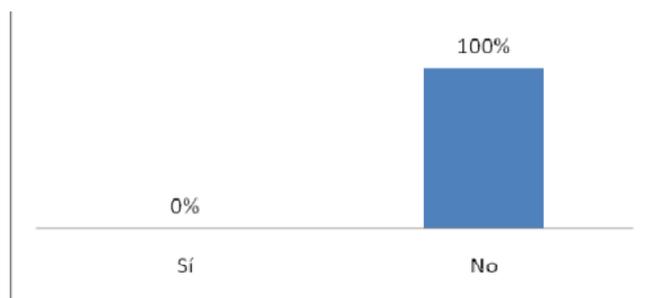
**Imagen 3.18:** Molestias causadas por el Relleno Sanitario.

Con relación a la **Variable No. 4** que se refiere a las formas de disposición de los desechos sólidos generados en las viviendas (Imagen 3.19), el 40 % de los encuestados manifiestan que de los desechos que generan los queman, otro 40% manifiesta que envían sus RSU al Relleno Sanitario de Puyo para su tratamiento, mientras que el 20 % de los encuestados entierra los desechos.



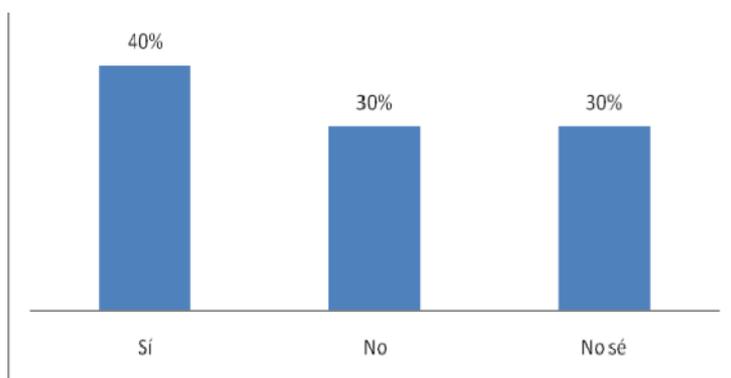
**Imagen 3.19:** Métodos de disposición de la basura.

En la Imagen 3.20 referente a la **Variable No. 5**, el 100 % de los encuestados manifiestan no realizar ninguna actividad dentro del estero Chilcayacu, pese a ello mencionan que hace unos años existían peces en el estero y por esa época realizaban actividades de Pesca. Esta pérdida de especies en esta corriente de agua está directamente vinculada a la presencia de residuos de cianuros, arsénico y a los altos niveles de contaminación orgánica presente en estas aguas.



**Imagen 3.20:** Actividades realizadas en el estero Chilcayacu.

**Variable No. 6:** Los resultados de la Encuesta en relación a la presencia de cambios en el estero (Imagen 3.21), reflejan la insuficiente cultura ambiental de los pobladores de la zona, pues a pesar de lo evidente de estos cambios producto a la acción de las descargas del Relleno Sanitario, solo el 40% de los encuestados los reconocen, un 30% plantea no existen y el 30% restante se muestra indeciso a la hora de reconocer los impactos generados por el Relleno a esta corriente fluvial y al ecosistema a ella asociado.



**Imagen 3.21:** Cambios desfavorables en el estero Chilcayacu.

De las encuestas realizadas a la población que habita en el entorno del Relleno Sanitario, se puede concluir que el Relleno Sanitario causa afectaciones tanto al ambiente como a las personas que residen en su cercanía.

### 3.5 Propuesta de un Plan de Acciones para mitigar el impacto que genera el Relleno Sanitario de la ciudad Puyo al Medio.

A continuación en la Tabla 3.5 se presenta un Plan de Acciones dirigidas a la mitigación de los problemas encontrados en el Relleno Sanitario, las cuales mitigarán el impacto negativo que esta instalación provoca, así como permitirán recuperar el deterioro ambiental de la zona estudiada.

**Tabla 3.5 Cuadro del Plan de Acciones Ambientales dirigidas a la mitigación de Impactos**

Problema	Acción	Resultados Esperados
Contaminación y Erosión del suelo y Deforestación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recubrimiento de las celdas de tratamiento de desechos sólidos.</li> <li>- Ampliación y recubrimiento del tanque colector.</li> <li>- Seguimiento y control del proceso de extracción de material de cobertura.</li> <li>- Creación de un vivero forestal con especies típicas de la zona en áreas del Relleno.</li> <li>- Reforestación las celdas ya agotadas y las áreas de extracción de material de cobertura con especies arbóreas típicas de la zona.</li> </ul>	Prevenición de la erosión y recuperación de áreas erosionadas. Reforestación con especies autóctonas del lugar de las áreas deforestadas en la zona de estudio.
Contaminación de aguas superficiales.	<p>Rediseño y continuo mantenimiento del sistema de tratamiento de residuales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rediseño e impermeabilización del Tanque colector con hormigón.</li> <li>- Construcción de un Sedimentador donde además se realicen los procesos de coagulación y/o floculación.</li> <li>- Rediseño de las lagunas anaeróbica y aeróbica. Impermeabilización con membranas y hormigón de ambas.</li> <li>- Construcción de un Lecho de infiltración a continuación de la laguna aerobia.</li> </ul>	Mejor calidad del agua del estero Chilcayacu.

<b>Problema</b>	<b>Acción</b>	<b>Resultados Esperados</b>
Contaminación del aire.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilización del metano que se genera.</li> <li>- Tratamiento rápido de los desechos que llegan al Relleno.</li> <li>- Reciclaje de los RSU a la llegada al Relleno.</li> </ul>	<p>Minimización de la emanación de gases.</p> <p>Ingresos económicos a partir del uso del gas metano.</p>
Presencia de vectores infecciosos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Campañas de Control de plagas.</li> <li>- Monitoreo de la salud de los trabajadores bianuales.</li> <li>- Mejoras en el sistema de disposición final de los RSU.</li> <li>- Eliminación de los microvertederos internos</li> <li>- Uso de los medios de protección adecuados por parte de los trabajadores del RS.</li> </ul>	<p>Erradicación de vectores de contaminación.</p> <p>Reducción del nivel de incidencia de enfermedades.</p>
Insuficiente reciclaje de desechos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacitación sobre los beneficios y técnicas del reciclaje.</li> <li>- Extracción rápida de las áreas del RS de los productos reciclados a fin de que no se conviertan en microvertederos.</li> <li>- Usos de medios de protección para las personas que realicen el reciclado de los RSU</li> </ul>	<p>Incremento del tiempo de vida útil del Relleno.</p> <p>Reducción de la cantidad de desechos sólidos a tratar.</p> <p>Ingresos económicos para el RS por la venta de los productos reciclados.</p>
Falta de drenaje para aguas pluviales.	Implementación de un sistema de drenaje para aguas pluviales.	Reducción del caudal a tratar en el STR. Evitar el deterioro de los viales y la erosión de los suelos, así como el encharcamiento de aguas que contribuyen a multiplicar la proliferación de mosquitos en la zona.
Deterioro de las vías internas del RS.	Asfaltado y Mantenimiento de las vías internas del Relleno Sanitario.	Evitar la diseminación de desechos sólidos. Evitar el deterioro de los camiones colectores

**Fuente:** Elaboración Propia

La implementación del Plan de Acciones diseñado en la presente investigación contribuirá a mitigar el efecto contaminador del Relleno Sanitario y el efecto negativo que el mismo genera sobre el estero Chilcayacu, así como sobre los suelos, la Flora y la Fauna y la población presente en el área objeto de estudio. De igual forma se permitirá recuperar el

deterioro ambiental presente en la zona y que la misma recupere en gran medida sus características originales. La implementación de este Plan requiere de medios y recursos por lo que las decisiones de acometerla estará en manos de las autoridades competentes, pero su ejecución indiscutiblemente influirá positivamente sobre el estado ambiental del Cantón Pastaza fundamentalmente sobre sus corrientes fluviales.

CONCLUSIONES

---

## **CONCLUSIONES**

Tomando como base los resultados alcanzados a partir de una revisión bibliográfica pormenorizada sobre el estado de los temas tratados en la investigación a nivel mundial, los resultados del diagnóstico ambiental realizado en el área objeto de estudio, la encuesta a moradores del sector para conocer sus opiniones sobre el quehacer y la incidencia del Relleno Sanitario sobre sus condiciones de vida, y los resultados de la caracterización de los indicadores de calidad de las descargas líquidas del Relleno y su impacto sobre el Estero Chilcayacu, los Autores arriban a las siguientes conclusiones:

- Los Rellenos Sanitarios a partir de un incorrecto manejo y tratamiento de los líquidos residuales que generan, de las emanaciones gaseosas y los olores desagradables que se emiten, así como de una incorrecta disposición final de los RSU, se convierten en una peligrosa fuente contaminante que afecta a las corrientes de agua cercanas a sus instalaciones, al Suelo, al Aire, a la Flora y la Fauna y, principalmente a la población vecina a sus instalaciones.
- Los Lixiviados generados en el Relleno Sanitario de la ciudad de Puyo tienen una altísima carga contaminante resaltando los valores de DBO, DQO, Coliformes Totales y Fecales, Fósforo, Cianuros y Arsénico.
- Las descargas líquidas del Relleno Sanitario al Estero Chilcayacu, incrementa los niveles de contaminación de las aguas del mismo, fundamentalmente en los Indicadores DQO y Coliformes Totales y Fecales lo que evidencia que el Sistema de Tratamiento de Residuales existente en esta instalación no es lo eficiente que de él se esperaba.
- Según la Encuesta realizada, el Relleno Sanitario incide negativamente sobre el Estero Chilcayacu y el ecosistema a él asociado y fundamentalmente sobre la calidad de vida de la población del entorno.
- La implementación del Plan de Acciones diseñado en la presente investigación incidirá positivamente en la disminución del efecto contaminador del Relleno Sanitario de la Ciudad de Puyo, así como en la rehabilitación de los daños ambientales causados por el mismo a su entorno, permitiendo la recuperación por parte de este, de gran parte de sus características originales.

# RECOMENDACIONES

---

## **RECOMENDACIONES**

A partir de los resultados obtenidos y del rigor de los mismos, los Autores recomiendan lo siguiente:

- Implementar por parte de las Autoridades competentes el Plan de Acciones propuesto, buscando mitigar el efecto contaminador del Relleno Sanitario Municipal y la recuperación del ecosistema deteriorado, lo que influirá positivamente en el saneamiento ambiental de la Ciudad de Puyo y su entorno.
- Hacer extensivo el presente Plan de Acciones a otros Rellenos Sanitarios de la Provincia de Pastaza con condiciones similares al caso estudiado en la presente investigación.

# BIBLIOGRAFIA

---

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Acurio, G. Rosin, A. Teixeira, P. Zepeda, F. (1998). Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. [on line]. [Enero, 2009]. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/cdrom-repi86/fulltexts/bvsacd/scan/dsm.pdf>
2. Alegre, M. (1997). Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales. [on line]. [Enero, 2009]. Disponible en: [http://www.cepis.ops-oms.org/curso\\_rsm/e/fulltext/pequena.pdf](http://www.cepis.ops-oms.org/curso_rsm/e/fulltext/pequena.pdf)
3. Armas, S. (2006). Breve acercamiento a la realidad de los residuos sólidos y su disposición final en el Distrito Metropolitano de Quito. [on line]. [Septiembre, 2008]. Disponible en: <http://www.ccquito.org/content/view/96/54/>
4. ASTEC. (2008). Estudios de factibilidad y diseños definitivos del Sistema de Manejo Integral de desechos sólidos de el cantón Pastaza, provincia de Pastaza.
5. Bastidas, A. (2003). [on line]. [Enero, 2009]. Disponible en: <http://www.union.org.mx/miembros/miembros.htm>
6. Bayas, P. (2005). Estudio de preactibilidad para el destino final de Residuos Sólidos Urbanos de la ciudad de Puyo. Tesis.
7. Berent, M y Vedoya, D. (2004). Aproximación al tratamiento de residuos sólidos urbanos en el NEA. Diagnóstico ambiental inicial. [on line]. [Enero, 2009]. Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2004/7-Tecnologia/T-072.pdf>
8. Bernache, G. (2006). Cuando la basura nos alcance: El impacto de la degradación ambiental. Publicado por CIESAS. ISBN 9684966040
9. Betancourt, A. (2007). Instalación de una planta de reciclaje de basura. [on line]. [Enero, 2009]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos60/planta-reciclaje-basura/planta-reciclaje-basura.shtml>
10. Bonfanti, F. (2004). La incorrecta gestión de los residuos sólidos urbanos y su incidencia en la calidad de vida de la población de Resistencia. [on line]. [Febrero, 2009]. Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2004/2-Humanidades/H-006.pdf>

11. Borzacconi, L. López, I. Arcia, E. Cardelino, L. Castagna, A. Viñas, M. (2001). Comparación de Tratamientos Aerobios y Anaerobios aplicados a Lixiviado de Relleno Sanitario. Montevideo. Uruguay. v. 20, p. 211-217.
12. Campos, I. (2000). Saneamiento Ambiental. Editorial EUNED. ISBN 9968310697. Costa Rica.
13. Cañas, C. (1997). Manual de alternativas de Manejo de Residuos Sólidos Domiciliarios. [on line]. [Enero, 2009]. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/>
14. Conesa, V. (2000). Guía metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Tercera Edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid.
15. Contreras, H (2004). Gestión y Tratamiento de los Residuos Urbanos. [on line]. [Septiembre, 2008]. Disponible en: <http://www.uned.es/biblioteca/rsu/pagina1.htm>
16. Estructplan. (2001). Disposición de residuos sólidos. [on line]. [Diciembre, 2008]. Disponible en: <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=465>
17. Fernández, A. (2006). Contaminación por lixiviados. [on line]. [Septiembre, 2008]. Disponible en: [http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/urbano/2006/10/13/156373.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2006/10/13/156373.php)
18. Fernández, A. Sánchez, M. (2007). Guía para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos. [on line]. [Enero, 2009]. Disponible en: [http://www.unido.org/fileadmin/import/72852\\_Gua\\_Gestin\\_Integral\\_de\\_RSU.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/import/72852_Gua_Gestin_Integral_de_RSU.pdf)
19. Feuerman, A. (2002). Los Residuos Sólidos (La Basura). [on line]. [Enero, 2009]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd51/basura.pdf>
20. Giraldo, E. (2001). Tratamiento de Lixiviados de Rellenos Sanitarios. Revista de Ingeniería. ISSN 0121 – 4993. Bogotá, Colombia. Pág. 44-55.
21. Gómez, I. (2007). Análisis de los Residuales de UBC Soroa y valoración de su impacto en el entorno. Pinar del Río. Cuba.
22. Gómez, L. (2006). Biodegradabilidad anaerobia del lixiviado del Relleno Sanitario Doña Juana. Tesis. [on line]. [Enero, 2009]. Disponible en: <http://www.biodiversityreporting.org/article.sub?docId=23478&c=Col%C3%83%C6>

%92%C3%86%E2%80%99%C3%83%E2%80%9A%C3%82%C2%B4mbia&cRef=Colombia&year=2007&date=May%202006

23. Gutiérrez, L. (2003). Rellenos Sanitarios. [on line]. [Mayo, 2008]. Disponible en: <http://www.frbb.utn.edu.ar/utec/14/n04.html>
24. Ibáñez, J. Corroccoli, C. (2002). Valorización de residuos sólidos urbanos. [on line]. [Enero, 2009]. Disponible en: <http://www.economicasunp.edu.ar/06-publicaciones/informacion/anuario%2002/Iba%F1ez-43.PDF>
25. Jaramillo, J. (2002 a). Gestión de Residuos. [on line]. [Enero, 2009]. Disponible en: <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=1900>
26. Jaramillo, J. (2002 b). Gestión de Residuos. [on line]. [Enero, 2009]. Disponible en: <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=1957>
27. Kless, D. Coccato, C. (2005). Residuos Sólidos Urbanos. [on line]. [Septiembre, 2008]. Disponible en: <http://eluniversitario.unne.edu.ar/2006/112/pagina/prestacionesy servicios.htm>
28. Levin, M. Gealt, M. (1997). Biotratamiento de Residuos Sólidos Tóxicos y Peligrosos. Editorial Mc. Graw-Hill. Pág. 250. ISBN: 0-07-037554-2. España.
29. Lund, H. (1996). Manual Mc Graw-Hill de Reciclaje. Editorial Mc Graw-Hill. ISBN: 84-481-0728-4. Vol. 1. España. Pág. 1.2
30. Martínez, J. (2007 a). Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Tomo I. Ecuador.
31. Martínez, J. (2007 b). Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Tomo II. Ecuador.
32. Matamorros, D. (2004). Diplomado en Manejo Ambiental. Manejo de Desechos Sólidos. Ecuador.
33. Medina, J. (1999). Minimización y Manejo Ambiental de los Residuos Sólidos. Publicado por el Instituto Nacional de Ecología. ISBN 9688174971
34. Melgar, M. (2007). Plan de manejo ambiental servicio de recolección y disposición de residuos sólidos municipio de santo domingo norte. [on line]. [Enero, 2009]. Disponible en: <http://www.gestiopolis.com/otro/archivo/plan-de-manejo-ambiental-reciclaje-de-solidos.htm>

- 35.** Municipio de Usiacuri-Atlántico-Colombia. (2005). Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos. [on line]. [Enero, 2009]. Disponible en: [http://usiacuri-atlantico.gov.co/apc-aa-files/61653866346438386638643330333732/PGIRS\\_USIACURI\\_2005\\_\\_\\_2020\\_Final.pdf](http://usiacuri-atlantico.gov.co/apc-aa-files/61653866346438386638643330333732/PGIRS_USIACURI_2005___2020_Final.pdf)
- 36.** Oeltzchner, H. Mutz, D. (1994). Guía para un Manejo apropiado de los Rellenos Sanitarios Domésticos. Pág. 79.
- 37.** Organización Panamericana de la Salud. (2002). Análisis Sectorial de Residuos Sólidos, Ecuador. [on line]. [Diciembre, 2008]. Disponible en: <http://www.cepis.ops-oms.org/residuos>
- 38.** Peña, G. (2007). Comparación del tratamiento de lixiviados por medio de humedales artificiales con otros sistemas convencionales de tratamiento. [on line]. [Junio, 2009]. Disponible en: [http://ciia.uniandes.edu.co/presentaciones%20anteriores\\_files/Comparacion%20de%20tratamientos%20para%20lixiviados.pdf](http://ciia.uniandes.edu.co/presentaciones%20anteriores_files/Comparacion%20de%20tratamientos%20para%20lixiviados.pdf)
- 39.** Pérez, J. (1997). Residuos. [on line]. [Septiembre, 2008]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos10/residuo/residuo.shtml>
- 40.** Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR), España. (2007). [on line]. [Enero, 2009]. Disponible en: [http://www.prodetur.es/wwwroot/sigloxxi/anexos/46186\\_medioambiente16\(1\).pdf](http://www.prodetur.es/wwwroot/sigloxxi/anexos/46186_medioambiente16(1).pdf)
- 41.** Reyes, B. (2006). Investigación sobre la basura. [on line]. [Enero, 2009]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos36/la-basura/la-basura2.shtml>
- 42.** Roben, E. (2002). Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales.
- 43.** Ruiz, A. (2001). Residuos Sólidos Municipales. [on line]. [Enero, 2009]. Disponible en: [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas\\_2000/compendio\\_2000/03dim\\_ambiental/03\\_06\\_Residuos/index.shtml#residuos](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/compendio_2000/03dim_ambiental/03_06_Residuos/index.shtml#residuos)
- 44.** Sallard, E. (2007). Manejo adecuado y eficaz del relleno sanitario del municipio de Empalme, Sonora. [on line]. [Enero, 2009]. Disponible en: <http://www.biblioteca.uson.mx/digital/tesis/docs%5C14514%5CCapitulo2.pdf>

45. Tchobanoglous, G. Theisen, H. Vigil, S. (1994). Gestión Integral de Residuos Sólidos. Editorial McGraw-Hill. Madrid, España. ISBN: 0-07-063237-5
46. Tchobanoglous, G. Theissen, H. Eliassen, R. (1982). Desechos Sólidos. Principios de Ingeniería y Administración. [on line]. [Enero, 2009]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/acrobat/desecho2.pdf>
47. Trejo, R. (1994). Procesamiento de la Basura Urbana. Pág. 14. Editorial Trillas. México. ISBN: 968-24-3229-4.
48. Váscónez, J. (1995). Lineamientos de gestión Ambiental. Desechos Sólidos. Ecuador.
49. Wikipedia. (2008). Lixiviado. [on line]. [Septiembre, 2008]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Lixiviado>
50. Yeomans, J. Dicent, Y. (2006). Modelo de Manejo de Desechos Sólidos Ordinarios para el Distrito de Pocora en Costa Rica. [on line]. [Enero, 2009]. Disponible en: [http://usi.earth.ac.cr/TierraTropical/archivos-de-usuario/Edicion/63\\_Articulo%20Dicent%202005.pdf](http://usi.earth.ac.cr/TierraTropical/archivos-de-usuario/Edicion/63_Articulo%20Dicent%202005.pdf)

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Eyssautier de la Mora, M. (2002). Metodología de la Investigación. Desarrollo de la Inteligencia. ISBN 970-686-094-0. Cuarta Edición. Editorial ECAFSA Thomson Learning. México.
2. Leiva, F. (1988). Nociones de Metodología de Investigación Científica. Tercera Edición. Gráficas Moderna. Quito. Ecuador.
3. Libro VI. Anexo I de la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua del Texto unificado de la Legislación Ambiental.
4. Relleno Sanitario. (2008). [on line]. [Septiembre, 2008]. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Relleno\\_sanitario](http://es.wikipedia.org/wiki/Relleno_sanitario)

ANEXOS

---



Las entierra ( )  
Las quema ( )  
Las guarda ( )

5. ¿Realiza Ud. alguna actividad en el estero Chilcayacu?

Sí ( ) No ( )

Cuáles:

Uso recreativo ( )  
Uso doméstico (Beber, cocinar, lavar) ( )  
Pesca ( )

6. ¿Ha notado cambios desfavorables en los últimos tiempos en el estero Chilcayacu?

Sí ( ) No ( ) No Sé ( )

¿Cuáles? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**GRACIAS POR SU COLABORACIÓN**

**Anexo 2: Valor porcentual de parámetros de calidad del agua.**

<i>Parámetro</i>	<i>pH</i>	<i>Conductividad</i>	<i>Oxígeno disuelto</i>	<i>Reducción del permanganato</i>	<i>Coliformes</i>	<i>Nitrógeno amoniacal</i>	<i>Cloruros</i>	<i>Temperatura</i>	<i>Detergentes</i>	<i>Aspecto</i>	<i>Valoración porcentual</i>
<b>V A L O R  A N A L I T I C O</b>	1/14	> 16.000	0	> 15	> 14.000	> 1,25	> 1.500	> 50 / > -8	> 3,00	Pésimo	0
	2/13	12.000	1	12	10.000	1,00	1.000	45 / -6	2,00	Muy malo	10
	3/12	8.000	2	10	7.000	0,75	700	40 / -4	1,50	Malo	20
	4/11	5.000	3	8	5.000	0,50	500	36 / -2	1,00	Desagradable	30
	5/10	3.000	3,5	6	4.000	0,40	300	32 / 0	0,75	Impropio	40
	6/9,5	2.500	4	5	3.000	0,30	200	30 / 5	0,50	Normal	50
	6,5	2.000	5	4	2.000	0,20	150	28 / 10	0,25	Aceptable	60
	9	1.500	6	3	1.500	0,10	100	26 / 12	0,10	Agradable	70
	8,5	1.250	6,5	2	1.000	0,05	50	24 / 14	0,06	Bueno	80
	8	1.000	7	1	500	0,03	25	22 / 15	0,02	Muy bueno	90
7	< 750	7,5	< 0,5	< 50	0	0	21 a 16	0	Excelente	100	
<b>Unidad de medida</b>	Udad.	µmhos/cm	mg/l	mg/l	nº/100 ml	p.p.m.	p.p.m.	°C	mg/l	Subjetiva	%
<b>Peso</b>	1	4	4	3	3	3	1	1	4	1	—
Los valores analíticos que corresponden a un valor porcentual menor que 50, se entienden como no permisibles. Se precisarán medidas correctoras.											

Parámetro	Dureza	Sólidos disueltos	Plaguicidas	Grasas y aceites (percloroformo)	Sulfatos	Nitratos	Cianuros	Sodio	Calcio	Magnesio	Fosfatos	Nitritos	DBO <sub>5</sub>	Valor porcentual
V A L O R  A N A L I T I C O	> 1.500	> 20.000	> 2	> 3	> 1.500	> 100	> 1	> 500	> 1.000	> 500	> 500	> 1	> 15	0
	1.000	10.000	1	2	1.000	50	0,6	300	600	300	300	0,50	12	10
	800	5.000	0,4	1	600	20	0,5	250	500	250	200	0,25	10	20
	600	3.000	0,2	0,60	400	15	0,4	200	400	200	100	0,20	8	30
	500	2.000	0,1	0,30	250	10	0,3	150	300	150	50	0,15	6	40
	400	1.500	0,05	0,15	150	8	0,2	100	200	100	30	0,10	5	50
	300	1.000	0,025	0,08	100	6	0,1	75	150	75	20	0,05	4	60
	200	750	0,01	0,04	75	4	0,05	50	100	50	10	0,025	3	70
	100	500	0,005	0,02	50	2	0,02	25	50	25	5	0,010	2	80
	50	250	0,001	0,01	25	1	0,01	15	25	15	1	0,005	1	90
	< 25	< 100	0	0	0	0	0	0	< 10	< 10	< 10	0	0	< 0,5
Unidad de medida	mg CO <sub>3</sub> Ca/l	mg/l	p.p.m.	p.p.m.	p.p.m.	p.p.m.	p.p.m.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	%
Peso	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	3	—

**Anexo 3: Cuadro de resultados del Cuestionario aplicado a los moradores del entorno al área objeto de estudio**

<b>RESULTADOS DEL CUESTIONARIO</b>	
<b>Total de encuestados: 10 Personas</b>	
<b>Variable 1: Influencia del Relleno Sanitario en el Medio Ambiente</b>	
<b>VARIANTE</b>	<b>RESPUESTAS</b>
Si	7
No	3
No Sé	0
<b>Variable 2: Elementos afectados por el Relleno Sanitario</b>	
<b>VARIANTE</b>	<b>RESPUESTAS</b>
Agua	4
Aire	8
Suelo	1
Flora	1
Fauna	3
<b>Variable 3: Molestias causadas por el Relleno Sanitario</b>	
<b>VARIANTE</b>	<b>RESPUESTAS</b>
Malos Olores	6
Presencia de Vectores transmisores de enfermedades	8
Mala Calidad del Agua	4
Presencia de enfermedades entre los pobladores	3
<b>Variable 4: Formas de disponer de los residuos en las viviendas de la zona</b>	
<b>VARIANTE</b>	<b>RESPUESTAS</b>
Se arrojan a ríos o esteros	0
Se arroja a las quebradas	0
Se entierran	2
Se queman	6
Se guardan	0
Se envían al Relleno Sanitario	6
<b>Variable 5: Actividades en el estero Chilcayacu</b>	
<b>VARIANTE</b>	<b>RESPUESTAS</b>
Si	0
No	10
<b>Variable 6: Cambios en el estero Chilcayacu</b>	
<b>VARIANTE</b>	<b>RESPUESTAS</b>
Si	4
No	3
No Sé	3

**Fuente:** Elaboración Propia