



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
UNIDAD DE POSGRADO
MAESTRÍA EN DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE

Tesis previa la obtención del Grado Académico de Magíster en Desarrollo y Medio Ambiente.

TEMA

LIXIVIADOS DEL RELLENO DE RESIDUOS SÓLIDOS Y SUS EFECTOS EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL ESTERO TONTO MAL. CANTÓN LA MANÁ. AÑO 2013. PROPUESTA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS

AUTOR

ING. RAMIRO IGNACIO CEDEÑO MUÑOZ

DIRECTOR

ING. AGUSTÍN LEIVA PÉREZ, Ph.D.

QUEVEDO – ECUADOR

2015

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo titulado Lixiviados del relleno de residuos sólidos y sus efectos en la calidad de agua del estero "Tonto Mal", Cantón La Maná. Año 2013, fue realizado en su totalidad por el Ing. Ramiro Ignacio Cedeño Muñoz como requisito para la obtención del Grado de Magíster en Desarrollo y Medio Ambiente, por lo que se autoriza su sustentación ante el tribunal respectivo.

Diciembre 10 de 2014

Ing. Agustín Leiva Pérez, Ph.D.

AUTORÍA

La Investigación, Resultados, Discusiones, Conclusiones y Recomendaciones, presentadas en la presente Tesis de Magíster en Desarrollo y Medio Ambiente, son de exclusiva responsabilidad del Autor.

Ing. Ramiro Ignacio Cedeño Muñoz

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, quien ha sido mi guía y mi inspiración divina para buscar cada día ser un mejor ser humano.

A mis hijos Ramiro Israel, Ángel Ignacio; Juan Diego y Ángel Ramiro; quienes son mi apoyo emocional; mi motivación, mi inspiración y mi felicidad.

A mi compañera y esposa Angélica, quien con su apoyo y su amor me ha alentado a terminar con éxito este proyecto.

A mis padres y hermanos quienes con sus valores y principios me encaminaron a la superación y a enfrentar las vicisitudes con empeño y perseverancia para conseguir mis objetivos.

Para ellos es esta dedicatoria, pues es a ellos a quienes se las debo por su apoyo incondicional.

Ing. Ramiro Ignacio Cedeño Muñoz

AGRADECIMIENTO

Al finalizar este trabajo que ha llenado las expectativas planteadas y que será un aporte a la solución de problemas ambientales donde la humanidad ha sido la más afectada. No se hubiera logrado sin la participación de muchos actores que con sus valiosos aportes han permitido que este trabajo culmine satisfactoriamente.

Agradezco de manera especial a Dios porque me ha enseñado el camino correcto y he sentido en cada paso su presencia con su protección y bendición. Quiero expresar mis sinceros agradecimientos al Ing. Agustín Leiva Pérez, Ph.D. que con su capacidad y experiencia supo cristalizar mis ideas para darle la dirección acertada y así lograr la culminación con éxito de este estudio.

Debo agradecer a la UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO, por darme la oportunidad de estudiar y por las grandes lecciones que tuve la oportunidad de aprender. A mis maestros que ayudaron a mi formación profesional.

Y, por supuesto, el agradecimiento más profundo y sentido va para mi familia. Todo esto no hubiera sido posible sin su apoyo, colaboración e inspiración.

Este espacio es muy corto para agradecer a muchas personas que han cumplido un rol importante en algún momento de mi vida estudiantil. Con su apoyo y consejos me han impulsado a la superación, y que esos buenos recuerdos los guardo en mi corazón.

Ing. Ramiro Ignacio Cedeño Muñoz

PRÓLOGO

En los últimos años el gobierno ecuatoriano ha impulsado el plan nacional para el buen vivir; en la que se destaca como el centro de la acción pública al ser humano y a la vida. En la que el crecimiento económico debe ir de la mano con la sustentabilidad que promueva la mejora de la calidad de vida a partir de los valores.

El estudio titulado “Lixiviados del Relleno de Residuos Sólidos y sus Efectos en la Calidad del Agua del Estero Tonto Mal. Cantón La Maná. Año 2013. Propuesta Planta de Tratamiento de Lixiviados. Constituye un aporte importante ya que nos permitió conocer el grado de contaminación que están generando los lixiviados en el Estero Tonto Mal; y las consecuencias negativas que esto provoca a la calidad de vida de la población.

La propuesta planteada del correcto tratamiento de los lixiviados; nos ha dado la pauta para replantear el manejo de residuos sólidos que se generan en el Cantón La Maná, lo cual es hacer un Relleno Sanitario técnicamente y que sus lixiviados vayan directamente a una planta de tratamiento y así mitigar la contaminación que estos generan.

El autor ha mostrado su espíritu ecológico al plantear este estudio y la solidaridad con quienes están siendo afectados por esta contaminación.

Considero que esta investigación se constituye en un documento de trabajo y consulta, que servirá de guía para que muchos sectores que tienen este problema puedan plantear una solución definitiva a la contaminación. Además aporta al desarrollo de la ciencia ambiental y, que seguramente está cumpliendo su propósito de ser el requisito apropiado para la consecución del grado de académico de Magíster en Desarrollo y Medio Ambiente.

Sr. Juan Villamar Cevallos

ALCALDE

GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN LA MANÁ

RESUMEN EJECUTIVO

El trabajo de investigación titulado Lixiviados del Relleno de Residuos Sólidos y sus Efectos en la Calidad del Agua del Estero “Tonto Mal” se estableció con el propósito de aceptar o rechazar la hipótesis de que los líquidos mencionados afectan negativamente a la calidad del agua de dicha corriente de agua. Para ello se procedió a muestrear el líquido lixiviado contenido en la piscina correspondiente, particularmente a la salida de la descarga al estero, para análisis de laboratorio, determinándose los valores medios de los parámetros indicadores de la contaminación considerados, a saber, pH, Oxígeno disuelto, SST, SDT, DBO, Nitrógeno orgánico, Cloruros, Sulfatos y, los metales pesados Hierro, Cromo, Níquel, Plomo, Cinc y Cobre. El caudal de lixiviados que ingresa al estero se determinó mediante el método de aforo, con un recipiente graduado de 10 dm³ de volumen y un cronómetro digital. Para la variable dependiente o efecto del problema, se muestrearon las aguas del estero arriba y abajo (150 y 200 m) del impacto promediándose los valores obtenidos del análisis de laboratorio. Después de seleccionar la muestra de la población estimada se procedió a aplicar una guía de entrevista, discutiéndose los resultados a través del análisis y la síntesis. A pesar de que ya las aguas del estero presentan ciertos niveles de contaminación antes de ser impactadas por los lixiviados, estos sí afectan negativamente su calidad, según la mayoría de los parámetros de la contaminación investigados, por lo que se aceptó, con suficiente nivel de confianza, la hipótesis de investigación planteada. Como propuesta de solución a la problemática, se diseñó un sistema de tratamiento de los lixiviados recolectados consistente en dilución, digestión anaerobia y sistema de lodos activados (con sedimentación secundaria).

SUMMARY

The titled investigation work was Solid Waste Landfilling Leached and their Effects in the Quality of Water of the "Tonto Mal" Tideland, had with the purpose settled down of to accept or to reject the hypothesis that the mentioned liquids negatively affect to the quality of the water of this water stream. For it, were taken samples in the corresponding pool, particularly to the exit of the discharge to the tideland, for laboratory analysis, being determined the values means of the considered pollution indicative parameters contamination, that is, pH, dissolved Oxygen, SST, SDT, DBO, organic Nitrogen, Chlorides, Sulfates and, the metals heavy Iron, Chromium, Nickel, Lead, Zinc and Copper. The flow of leached entering to the tideland was determined by means of the seating capacity method, with a graduate recipient of 10 dm³ of volume and a digital chronometer. For the dependent variable or effect of the problem, it was sampled the waters of the tideland up and below (150 and 200 m) of the impact, being averaged the laboratory analysis obtained values. Afterwards it was calculated and selected a sample from population, in order to apply an interview guide, and being discussed the results through the analysis and the synthesis. Although the waters of the tideland already present certain levels of contamination before being impacted by those leaches, these affect their quality negatively, according to most of the parameters of the investigated contamination, for what was accepted, with enough level of trust, the hypothesis of outlined investigation. As solution proposal to the problem, a treatment system was designed for those leaches gathered consistent in dilution, anaerobic digestion and activated sludge system (with secondary sedimentation).

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDOS	PÁG.
PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
PRÓLOGO.....	vi
RESUMEN EJECUTIVO.....	vii
SUMMARY.....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv
CAPÍTULO I. MARCO CONTEXTUAL.....	1
1.1. UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	2
1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA.....	3
1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
1.3.1. Problema general.....	4
1.3.2. Problemas derivados.....	4
1.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	5
1.6. OBJETIVOS.....	6
1.6.1. General.....	6
1.6.2. Específicos.....	6
1.7. CAMBIOS ESPERADOS CON LA INVESTIGACIÓN.....	6
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. ANTECEDENTES.....	9
2.2. FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL.....	12
2.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	15
2.3.1. Lixiviados.....	15
2.3.2. Planta de tratamiento de lixiviados.....	17
2.4. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	22
2.4.1. Constitución de la República del Ecuador del año 2008.....	22
2.4.2. Ley de Gestión Ambiental.....	23
2.4.3. Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.....	23
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
3.1. MÉTODOS Y TÉCNICAS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN.....	26

3.1.1. Métodos de Investigación.....	26
3.1.2. Técnicas de Investigación.....	26
3.2. CONSTRUCCIÓN METODOLÓGICA DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN.....	27
3.3. ELABORACIÓN DEL MARCO TEÓRICO.....	28
3.4. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN EMPÍRICA.....	28
3.4.1. Población.....	28
3.4.2. Muestra.....	28
3.4.3. Procedimiento.....	30
3.5. DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA.....	31
3.6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	32
3.7. CONSTRUCCIÓN DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN.....	32
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS EN RELACIÓN CON LAS HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	33
4.1. ENUNCIADO DE LA HIPÓTESIS.....	34
4.2. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN EMPÍRICA PERTINENTE A LA HIPÓTESIS.....	34
4.2.1. Variable independiente: lixiviados producidos por los residuos sólidos del relleno de La Maná.....	34
4.2.2. Variable dependiente: Calidad ambiental de las aguas del estero “Tonto Mal”.....	35
4.2.3. Resultados de la guía de entrevista aplicada a la muestra poblacional.	39
4.3. DISCUSIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA EN RELACIÓN A LA NATURALEZA DE LA HIPÓTESIS.....	47
4.3.1 Resultados de los análisis de laboratorio.....	47
4.3.2. Resultados de la aplicación de la guía de entrevista.....	52
4.4. COMPROBACIÓN / DISPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	57
4.4.1. Resultados de los análisis de laboratorio.....	57
4.4.2. Resultados de la entrevista.....	72
4.5. CONCLUSIÓN PARCIAL.....	74
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	75
5.1. CONCLUSIONES.....	76
5.2. RECOMENDACIONES.....	77
CAPÍTULO VI. PROPUESTA ALTERNATIVA.....	78
6.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA.....	79
6.2. JUSTIFICACIÓN.....	79
6.3. FUNDAMENTACIÓN.....	79
6.4. OBJETIVOS.....	80

6.4.1. Objetivo general.....	80
6.4.2. Objetivos específicos.....	80
6.5. IMPORTANCIA.....	80
6.6. UBICACIÓN SECTORIAL Y FÍSICA.....	81
6.7. FACTIBILIDAD.....	81
6.8. PLAN DE TRABAJO.....	81
6.9. ACTIVIDADES.....	82
6.9.1. Dimensionamiento del digestor anaerobio.....	82
6.9.2. Dimensionamiento del tanque de aireación.....	84
6.9.3. Dimensionamiento del sedimentador secundario.....	88
6.10. RECURSOS.....	89
6.11. IMPACTO.....	90
6.12. EVALUACIÓN.....	90
BIBLIOGRAFÍA.....	91
ANEXOS.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

DESCRIPCIÓN	PÁG.
Tabla 2.1. Características principales de los lixiviados de un relleno sanitario de residuos sólidos urbanos.....	16
Tabla 2.2. Concentraciones comunes de metales pesados en los lixiviados provenientes de residuos sólidos urbanos.....	17
Tabla 3.1. Distribución de la muestra según rango de edades.....	30
Tabla 4.1. Concentraciones medias de contaminantes en la piscina de lixiviados.	35
Tabla 4.2. Valores de las concentraciones del agua del estero “Tonto Mal” aguas arriba del punto de descarga de los lixiviados del sistema de relleno de desechos sólidos de La Maná.	37
Tabla 4.3. Comportamiento de las concentraciones de contaminantes aguas arriba y abajo del punto de impacto en relación con el cumplimiento de los valores normados.	38
TABLA 4.4. DISTANCIA ESTIMADA DE SU RESIDENCIA CON RELACIÓN AL ESTERO “TONTO MAL”	39
TABLA 4.5. COLORACIÓN DEL AGUA DEL ESTERO.....	40
TABLA 4.6. OLOR DEL AGUA DEL ESTERO.....	41
TABLA 4.7. TURBIDEZ DEL AGUA DEL ESTERO.....	42
TABLA 4.8. APARIENCIA GENERAL DEL AGUA DEL ESTERO.....	43
TABLA 4.9. CRITERIOS SOBRE MANEJO DE LOS LIXIVIADOS.....	44
TABLA 4.10. USOS DEL AGUA DEL ESTERO ANTES DE LA EXISTENCIA DEL RELLENO SANITARIO.....	45
TABLA 4.11. USOS DEL AGUA DEL ESTERO EN LA ACTUALIDAD.....	46
Tabla 4.12. Resumen de datos porcentuales de la encuesta.....	52
Tabla 4.13. Resultados medios de las tres muestras analizadas.....	58
Tabla 4.14. Resumen de frecuencias – respuestas agrupadas para cada indicador.....	73
Tabla 6.1. Coeficientes cinéticos más usuales para la digestión anaerobia de aguas residuales con alta carga orgánica.....	82

Tabla 6.2. Datos de diseño para tanques de aireación en sistemas de lodo activados.....	85
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

DESCRIPCIÓN	PÁG.
Figura 1.1. Cantón La Maná (sombreado en verde), ubicado en el ámbito provincial de Cotopaxi.....	2
Figura 3.1. Árbol del problema de la contaminación del estero “Tonto Mal” por los lixiviados del botadero municipal.....	27
FIGURA 4.1. DISTANCIA ESTIMADA DE SU RESIDENCIA CON RELACIÓN AL ESTERO “TONTO MAL”	39
FIGURA 4.2. COLORACIÓN DEL AGUA DEL ESTERO.....	40
FIGURA 4.3. OLOR DEL AGUA DEL ESTERO.....	41
FIGURA 4.4. TURBIDEZ DEL AGUA DEL ESTERO.....	42
FIGURA 4.5. APARIENCIA GENERAL DEL AGUA DEL ESTERO.....	43
FIGURA 4.6. CRITERIOS SOBRE MANEJO DE LOS LIXIVIADOS.	44
FIGURA 4.7. USOS DEL AGUA DEL ESTERO ANTES DE LA EXISTENCIA DEL RELLENO SANITARIO.....	45
FIGURA 4.8. USOS DEL AGUA DEL ESTERO EN LA ACTUALIDAD.....	46
Figura 6.1. Esquema del digester anaerobio.....	84
Figura 6.2. Sedimentador secundario.....	89

INTRODUCCIÓN

El **relleno sanitario** es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo que no causa molestia ni peligro para la salud o la seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de su clausura. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más estrecha posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica.

Hace poco menos de un siglo, en Estados Unidos, surgió el relleno sanitario como resultado de las experiencias, de compactación y cobertura de los residuos con equipo pesado; desde entonces, se emplea este término para aludir al sitio en el cual los residuos son primero depositados y luego cubiertos al final de cada día de operación.

En la actualidad, el **relleno sanitario moderno** se refiere a una instalación diseñada y operada como una obra de saneamiento básico, que cuenta con elementos de control lo suficientemente seguros y cuyo éxito radica en la adecuada selección del sitio, en su diseño y, por supuesto, en su óptima operación y control.

Los lixiviados que se generan en un Relleno sanitario, son aguas residuales de características especiales producto de la descomposición bioquímica que sufren los residuos sólidos después de ser dispuestos y por la infiltración de las aguas lluvias que llegan a tener contacto directo con dichos residuos. Los lixiviados se

caracterizan por su alto contenido de materia orgánica e inorgánica, alto contenido de patógenos y metales pesados.

Normalmente, los lixiviados caen lentamente por gravedad a través de la capa de residuos sólidos y llegan hasta la parte inferior del Relleno, donde comúnmente se ha colocado una geomembrana como agente impermeabilizante, que impide el contacto del lixiviado con el suelo.

Con la investigación se realiza un estudio del relleno de residuos sólidos del Cantón La Maná, teniendo en cuenta que sus lixiviados sí están contaminando un recurso hídrico conocido como estero “Tonto Mal”, lo que implica un mal manejo del relleno, así como un mal trabajo del proceso de tratamiento de lixiviados.

El informe final de la investigación, constituido en Tesis de Grado, se organizó en seis capítulos, como se describe a continuación:

El Capítulo I, denominado “Marco Contextual de la Investigación” trata sobre la identificación y descripción de la problemática estudiada. Sus elementos principales son la formulación del problema que incluye a las variables del estudio; los planteamientos de objetivos general y específicos, así como los resultados que se esperaba obtener con el desarrollo de la temática.

El Capítulo II, titulado “Marco Teórico de la Investigación” aborda la fundamentación teórica de las variables de investigación y por lo tanto de los objetivos específicos a alcanzar, todo precedido por los antecedentes publicados sobre la temática desarrollada. También se establecen las bases legales en las que se soporta el estudio.

El Capítulo III llamado “Metodología de la Investigación” establece los métodos y técnicas empleados según el diseño y tipo de estudio. Se determinan tanto la

población como la muestra para la medición de las variables y se destaca el procedimiento seguido en dicha medición.

El Capítulo IV denominado “Análisis e Interpretación de los Resultados en Relación con las Hipótesis de Investigación” permite el planteamiento de hipótesis, así como la exposición, tabulada y graficada de los resultados obtenidos con los instrumentos de medición de variables aplicados. Una vez expuestos, estos son analizados, discutidos, contrastada la hipótesis y se establecieron conclusiones parciales.

En el Capítulo V, titulado "Conclusiones y Recomendaciones" se establecen las más generales, con base en los objetivos específicos del estudio, permitiendo resumir sobre la respuesta al problema de investigación, considerando los datos obtenidos.

El Capítulo VI, con el nombre de “Propuesta Alternativa” establece la solución al problema ya respondido, con base en el último objetivo específico alcanzado. Consta como elementos principales, el título de la Propuesta (Planta de tratamiento para el manejo de los lixiviados del relleno de residuos sólidos de La Maná, provincia de Cotopaxi), sus objetivos, justificación, importancia y, en la parte operativa, aparece el plan de trabajo y las actividades de implementación.

CAPÍTULO I

MARCO CONTEXTUAL

1.1. UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

La problemática a investigar se ubica en el área del proyecto del relleno sanitario y su mantenimiento, se halla en el sector de Manguila, parroquia y Cantón La Maná, provincia de Cotopaxi, tiene una extensión de 12,65 hectáreas, se ubica al Sur – Oeste de la Provincia de Cotopaxi. Las coordenadas son al Norte 9889410 / 9907830 y Este 694730 / 722580. Se encuentra a 3,5 kilómetros al Norte del centro de la ciudad. El acceso de emplazamiento del relleno sanitario se localiza en la vía que conduce a San Antonio de Manguila. En la Figura 1.1 se observa el cantón La Maná (sombreado en verde), ubicado en el ámbito provincial de Cotopaxi.

Mapa Cantón La Maná



Figura 1.1 Cantón La Maná (sombreado en verde), ubicado en el ámbito provincial de Cotopaxi.

Fuente: Wikipedia, 2014.

Las comunidades cercanas a la ciudad son los recintos San Pablo de Maldonado, San Antonio, San Agustín, Santa Julia, San Cristóbal, María Sol; la

parroquia El Carmen y parte del Cantón La Maná. El único servicio que tiene el botadero de basura y sus recintos cercanos es la energía eléctrica. En la planilla de luz, existe una tasa por la recolección de basura.

La Maná, de acuerdo al censo del año 2010 tiene una población de 18441 habitantes en el área rural, los mismos que producen 0,5 kg de basura diaria; esto es 9,2 toneladas y 23775 habitantes en el área urbana y producen 0,73 kg de basura diaria; esto es 17,35 toneladas. El total de basura que llega al botadero es de 26,5 toneladas diarias.

1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA

En la actualidad se está depositando la basura en este sector en un botadero controlado, tipo trinchera, método sandwich. En todo caso es un botadero, al que se le han añadido ciertas técnicas de un Relleno Sanitario. Los lixiviados salen del relleno sin ninguna canalización hacia la piscina y salen al estero Tonto Mal, igualmente sin canalización y sin tratamiento alguno. Como resultado de tales hechos, la calidad ambiental del estero referido ha ido en detrimento en los últimos años, disminuyendo sus diferentes valores de uso y estéticos.

Normalmente los rellenos sanitarios son diseñados de forma que el volumen de residuos se reduce entre 33 y 20% en el proceso de compactación y, según criterios de los técnicos que están a cargo del relleno, estos niveles de reducción de volumen, no se logran.

La planta de tratamiento de lixiviados, supuestamente, no cumple con sus funciones, debido fundamentalmente a problemas de diseño y operación y el relleno, no cuenta con una geomembrana que evite la infiltración al suelo de los

lixiviados y, que estos puedan ser apropiadamente direccionados a la planta de tratamiento.¹

Asimismo, no existen datos sobre la caracterización de la corriente de lixiviados, lo cual impide la determinación de la eficiencia de remoción de contaminantes de la planta, ni evaluar con propiedad el daño al estero, del cual tampoco se tienen datos relacionados con la calidad de sus aguas.² De cualquier manera, un sistema de relleno sanitario no estará correctamente diseñado e implementado si no se manejan apropiadamente sus lixiviados y el biogás formado en los procesos anaerobios que al interior del mismo se producen.

1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.3.1. Problema general

Como ya se ha planteado, los lixiviados, aparte del biogás producido, es una de las grandes desventajas de un sistema de manejo de residuos sólidos, que en su valor relativo, es beneficioso para la calidad de vida de las poblaciones a las que sirve. De acuerdo con lo anteriormente planteado, el problema de investigación puede ser clarificado a través de la siguiente interrogante:

¿Cuál es el efecto del manejo de lixiviados del relleno de residuos sólidos de La Maná, provincia de Cotopaxi, en la calidad de agua del estero “Tonto Mal”?

1.3.2. Problemas derivados

- a) Cuáles son las características de los lixiviados y su manejo.

¹ Ingenieros. 2008. Qué es un relleno sanitario

² Pettri, M. y Russo, H. 2005. *Tratamiento de Lixiviados de Residuos Sólidos Urbanos con Macrofitas Acuáticas*.

- b) Cuál es la calidad de agua del estero “Tonto Mal” en el sector de impacto de los lixiviados.
- c) Cuál es la relación entre el manejo de lixiviados y la calidad del agua del estero “Tonto Mal”.

1.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

CAMPO:	Ciencias Ambientales.
ÁREA:	Manejo de desechos sólidos y contaminación y calidad del agua.
ASPECTO:	Deterioro de la calidad del agua del estero “Tonto Mal” a causa del supuesto mal manejo de los lixiviados del relleno sanitario en funcionamiento.
SECTOR:	Sector de Manguila, parroquia y Cantón La Maná.
TIEMPO:	Enero – Abril 2013.

1.5. JUSTIFICACIÓN

La investigación queda justificada al determinarse las utilidades de la misma, es decir, en lo teórico, se estará comprobando y reafirmando el método consistente en la comparación estadística entre resultados analíticos físicos y químicos, procedentes del laboratorio correspondiente³. En lo práctico, los resultados del estudio beneficiarán a la calidad de vida de las poblaciones del área de influencia del relleno sanitario bajo estudio y, de forma general, a todas las comunidades que utilizan las aguas del estero “Tonto Mal”, aguas abajo del impacto de los lixiviados o efluentes del tratamiento de estos.

Metodológicamente, los métodos y técnicas empleados para el rediseño de la planta de tratamiento de lixiviados, podrán ser aplicados en otros contextos

³ Spiegel, M. R. 2000. *Teoría y problemas de Estadística*. Ed. McGraw – Hill, 5ta. Edición, New York, USA.

donde se presenten problemas análogos con esta corriente residual de los rellenos sanitarios.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. General

Evaluar el efecto del manejo de lixiviados del relleno de residuos sólidos de La Maná, provincia de Cotopaxi, sobre la calidad de agua del estero “Tonto Mal”.

1.6.2. Específicos

- a) Determinar las características químicas de lixiviados del relleno de residuos sólidos
- b) Determinar la calidad de agua del estero “Tonto Mal” en los alrededores del punto de impacto de la descarga de lixiviados.
- c) Relacionar el proceso de manejo de lixiviados con la calidad del agua del estero “Tonto Mal”.
- d) Elaborar una propuesta de planta de tratamiento para el manejo de los lixiviados del relleno de residuos sólidos del Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi.

1.7. CAMBIOS ESPERADOS CON LA INVESTIGACIÓN

Se espera que al término de la investigación se produzcan los siguientes cambios:

- a) Determinadas las características físicas y químicas de lixiviados del relleno de residuos sólidos
- b) Determinadas las características y manejo actual de los lixiviados.

- c) Determinada la calidad de agua del estero “Tonto Mal” en el sector de impacto de los lixiviados.
- d) Establecida la relación entre el manejo de lixiviados y la calidad del agua del estero “Tonto Mal”.
- e) Elaborada la propuesta de planta de tratamiento de lixiviados del relleno de residuos sólidos de La Maná, provincia de Cotopaxi.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Uno de los problemas que más preocupa y que la sociedad tiene que enfrentar es la generación de residuos sólidos, provocando externalidades negativas sobre las finanzas públicas municipales, estabilidad social, el medio ambiente y la imagen urbana.

El incremento demográfico acelerado así como el desarrollo de las actividades productivas ha traído consigo el aumento de hábitos de consumo, generadores de una gran cantidad de residuos sólidos que ha sobrepasado su capacidad de manejo, los que deben someterse a una correcta gestión mediante la reducción, recolección, clasificación, transferencia, tratamiento y disposición final, las cuales representan un gran riesgo para la salud y una constante amenaza para los ecosistemas.

Es imprescindible destacar que Ecuador es un país lleno de recursos naturales y una belleza sorprendente, pero la falta de información, educación y conciencia en los habitantes se está convirtiendo en una nación llena de basura lo cual opaca su belleza natural.

Por lo tanto, este trabajo surge motivado por la preocupación de la existencia de esta problemática para el Municipio del cantón La Maná, lo que ha derivado a plantear la creación de un sistema de gestión de Residuos Sólidos Urbanos eficiente, enmarcada en el cumplimiento de los aspectos ambientales para que no ocasionen alteraciones negativas al medio ambiente.

En consecuencia, se estima que los hábitos de manejo de la basura deben ser adoptados de manera apremiante en la que vive el hombre productivo de hoy, para tener un entorno sano y adecuado para que desarrollen sus actividades cotidianas de manera más eficiente.

Los desechos son desperdicios o sobrantes de las actividades humanas, se clasifican gases, líquidos y sólidos; y por su origen, en orgánicos e inorgánicos. El destino final de la basura es administrado por el municipio de La Maná, quien la confina al denominado "Botadero Municipal".

Al ser este un proyecto de cooperación para el desarrollo del cantón, no responde a ningún tipo de lucro, sino más bien es un proyecto de fomento del desarrollo local y como tal ha de ser construido, mantenido y gestionado por gestión de la Autoridad Municipal.

Mise (2010)⁴ evaluó la incidencia del manejo de los desechos sólidos en la calidad ambiental de la comunidad Vaquería, parroquia Zumbahua, provincia de Cotopaxi, concluyendo, principalmente que, una proporción apreciable de los desechos sólidos identificados en los hogares son biodegradables, como desechos de cocina, restos de frutas y hortalizas, residuos de cosechas, hierba, malezas, podas de árboles, cáscaras de huevo, huesos, etc., y los no biodegradables en menor cuantía, incluyen todos los materiales que no se descomponen fácilmente como el papel, cartón, vidrio, plástico y algunos metales entre otros, generados en el proceso de fomento del consumismo en las personas.

Asimismo estableció que el Manejo de los Desechos Sólidos en la comunidad Vaquería, de acuerdo con los valores del Coeficiente de Negatividad de Manejo Ambiental, identifica que las actividades de este que más inciden en el entorno de la localidad son, el almacenamiento en los hogares, la frecuencia de evacuación de los hogares hacia la disposición final, la transportación de residuos desde los hogares hacia la disposición final y, la propia disposición final en áreas de la comunidad. La referida autora elaboró un Plan de Manejo Integral Comunitario de los desechos sólidos para la comunidad Vaquería con

⁴ Mise, M.P. 2010. *Los desechos sólidos y su incidencia en la calidad ambiental de la comunidad Vaquería, parroquia Zumbahua, provincia de Cotopaxi.*

base en la capacitación técnica básica relacionada con el manejo apropiado y el reciclaje de los desechos sólidos.

Molina (2010)⁵, caracterizó los lixiviados del relleno sanitario Chapte, de la ciudad de Azogues, obteniendo las cargas contaminantes aportadas por esta corriente. Los resultados de los análisis de laboratorio para las concentraciones de los parámetros indicadores de la contaminación considerados (Sólidos Disueltos, Sólidos Suspendidos, DBO₅ a 20°C, DQO, Mercurio, Plomo, Cromo, Níquel, Fenoles, Cloruros, Nitratos (N – NO₃⁻), Hierro Total, Sulfatos, Aluminio, Cobre, Cinc, pH y Temperatura) sobrepasaron de forma significativa (con base en la distribución de la “t” de Student), los valores máximos estipulados en el Libro VI de TULAS, para descarga en cuerpos de agua dulce. Las cargas contaminantes determinadas estuvieron en el rango de 1,23 a 1,71 kg/d, valores extremos para las épocas seca y lluviosa, respectivamente. Con estos valores se diseñó el sistema de tratamiento del lixiviado que consistió en un proceso de digestión anaerobia, seguido de un sistema de lecho bacteriano aerobio con medio plástico, con su correspondiente sedimentador secundario y una eficiencia global del 99%; 35 y 98%; respectivamente para cada proceso.

Existen en el Ecuador antecedentes de cooperación del Ministerio del Ambiente (MAE), a través del Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS), brindándose asesoramiento técnico a diferentes Municipios de varias provincias, como por ejemplo, el caso del cantón Muisne de la provincia de Esmeraldas, ejecutándose acciones que alivian la situación ambiental y sanitaria en la que se encuentra el botadero cantonal.⁶

⁵ Molina, J. A. 2010. Caracterización de los lixiviados del relleno sanitario Chapte, de la ciudad de Azogues. Propuesta alternativa de tratamiento.

⁶ Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2014. MAE y Municipio de Muisne coordinan acciones para una gestión responsable de desechos sólidos.

2.2. FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL

Los principales conceptos asociados al tema de investigación son descritos a continuación:

- **Efluente**

La salida o flujos salientes de cualquier sistema que despacha flujos de líquidos, sólidos o desperdicios, a un tanque de oxidación para un proceso de depuración biológica. Es decir, es una corriente que ya ha sido sometida a algún proceso de tratamiento.⁷

- **Estero**

El término **estero** se utiliza en varios contextos ecológicos y geográficos para designar condiciones de pantano generalmente en zonas planas con drenaje imperfecto. Como estero también se designa a una extensión pantanosa de gran tamaño que suele llenarse de agua por la lluvia (anegación) o por desborde de un río o laguna durante las crecientes (inundación).⁸

- **Lixiviado**

Es cualquier líquido que penetre a través de los residuos depositados y que sea emitido o esté contenido en un depósito controlado. Se trata de un agente gravemente contaminante, derivado del hecho del vertido.⁹

⁷ Ramalho, E. 1993. *Tratamiento de Agua Residuales*. Ed Reverte, Madrid, España.

⁸ Ramírez, G. G. 2005. *Cuencas hídricas*. Ed. Reverté, Madrid, España.

⁹ Tchobanoglous, G. 1993. *Integrated Solid Waste Management, engineering. Principles and Management Issues*.

- **Relleno sanitario**

Un relleno sanitario es un lugar destinado a la disposición final de desechos o basura, en el cual se pretenden tomar múltiples medidas para reducir los problemas generados por otro método de tratamiento de la basura como son los tiraderos, dichas medidas son, por ejemplo, el estudio meticulado de impacto ambiental, económico y social desde la planeación y elección del lugar hasta la vigilancia y estudio del lugar en toda la vida del vertedero¹⁰.

En un relleno sanitario, a medida que se va colocando la basura, ésta es compactada con maquinaria y cubierta con una capa de tierra y otros materiales para posteriormente cubrirla con una capa de tierra que ronda los 40 cm de grosor y sobre esta depositar otra capa de basura y así sucesivamente hasta que el relleno sanitario se da por saturado.

Es un método de ingeniería para la disposición de residuos sólidos en el suelo de manera que se le dé protección al ambiente, mediante el esparcido de los residuos en pequeñas capas, compactándolos al menor volumen práctico y cubriéndolos con suelo al fin de día de trabajo, previniendo los efectos adversos en el ambiente.

- **Residuos sólidos urbanos**

Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) son los que se originan en la actividad doméstica y comercial de ciudades y pueblos¹¹. En los países desarrollados en los que cada vez se usan más envases, papel, y en los que la cultura de "usar y tirar" se ha extendido a todo tipo de bienes de consumo, las cantidades de basura que se generan han ido creciendo hasta llegar a cifras muy altas. Los

¹⁰ Trejo, R. 1999. *Procesamiento de la Basura Urbana*.

¹¹ Tchobanoglous, G. y Otros. 1993. *Gestión integral de residuos sólidos*.

residuos producidos por los habitantes urbanos comprenden basura, muebles y electrodomésticos viejos, embalajes y desperdicios de la actividad comercial, restos del cuidado de los jardines, la limpieza de las calles, etc. El grupo más voluminoso es el de las basuras domésticas. La basura suele estar compuesta por:

- Materia orgánica.- Son los restos procedentes de la limpieza o la preparación de los alimentos junto la comida que sobra.
- Papel y cartón.- Periódicos, revistas, publicidad, cajas y embalajes, etc.
- Plásticos.- Botellas, bolsas, embalajes, platos, vasos y cubiertos desechables, etc.
- Vidrio.- Botellas, frascos diversos, vajilla rota, etc.
- Metales.- Latas, botes, etc.
- Otros

En las zonas más desarrolladas la cantidad de papel y cartón es más alta, constituyendo alrededor de un tercio de la basura, seguida por la materia orgánica y el resto. En cambio si el país está menos desarrollado la cantidad de materia orgánica es mayor, hasta las tres cuartas partes en los países en vías de desarrollo, y mucho menor la de papeles, plásticos, vidrio y metales.¹²

- **Tratamiento**

Son los procesos físicos, térmicos, químicos o biológicos, incluida la separación, que cambian las características de los residuos para reducir su volumen o peligrosidad, facilitar su manipulación o incrementar su valorización.¹³

¹² Vidal, A. 2010. *Recolector de Residuos Sólidos Urbanos de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra*.

¹³ Metcalf and Eddy Inc. 1995. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*.

2.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.3.1. Lixiviados

Son el resultado de la percolación de agua a través de un relleno sanitario. Contiene materiales orgánicos solubles con altas concentraciones de constituyentes inorgánicos, como se muestra en la Tabla 2.1.¹⁴ El término lixiviado se usa en casi todas las ciencias ambientales, siendo su uso más general el que corresponde al lixiviado de los depósitos controlados, por lo que generalmente se asocia el término lixiviado a los líquidos que se gestionan en los depósitos controlados de residuos.

Una adecuada gestión del lixiviado se debe centrar primeramente en minimizar todas las fuentes de líquidos que puedan entrar en contacto con el residuo y, una vez que este contacto agua – residuo ya se ha producido y por tanto, se ha generado lixiviado, en recogerlo y conducirlo a un punto, balsa o depósito de almacenamiento previo a su posterior tratamiento.

Según esto, en el área en explotación no es posible reducir el agua infiltrada, si bien hay que tener en cuenta que a mayor área descubierta, mayor infiltración. Hay que llegar a un compromiso entre una superficie descubierta mínima que permita el adecuado movimiento de la maquinaria en función de las toneladas diarias gestionadas. En el área clausurada, sobre todo si se ha utilizado geomembrana, la infiltración es cero (salvo accidente). Por tanto hay que actuar en las áreas con cubrición temporal para reducir la infiltración.

¹⁴ Hernández, M. J. (2011). *Alternativas Tecnológicas para el Manejo de Lixiviados*. XIII Congreso Nacional y IV Internacional de Servicios Públicos y TIC. Muestra Empresarial, Tecnológica y Financiera.

Tabla 2.1. Características principales de los lixiviados de un relleno sanitario de residuos sólidos urbanos.

PARÁMETRO	RANGO (mg/dm³)	TÍPICO (mg/dm³)
pH	5,3 – 8,5	6
Sólidos Suspendidos Totales	200 – 1000	500
Demanda Bioquímica de Oxígeno	2000 – 30000	10000
Carbono Orgánico Total	1500 – 20000	6000
Demanda Química de Oxígeno	3000 – 45000	18000
Nitrógeno Orgánico	10 – 600	200
Nitrógeno Amoniacal	10 – 800	200
Nitrato	5 – 40	25
Fósforo Total	1 – 70	30
Orto Fósforo	1 – 50	20
PARÁMETRO	RANGO (mg/dm³)	TÍPICO (mg/dm³)
Alcalinidad CaCO ₃	1000 – 10000	3000
Dureza Total CaCO ₃	300 – 10000	3500
Calcio	200 – 3000	1000
Magnesio	50 – 1500	250
Potasio	200 – 2000	300
Sodio	200 – 2000	500
Cloruros	100 – 3000	500
Sulfatos	100 – 1500	300

Fuente: Hernández, J. (2011).

El lixiviado debe ser captado y conducido hacia una balsa o depósito de acumulación para desde allí ser tratado antes de ser evacuado al medio. El tratamiento más efectivo de los lixiviados es su minimización por lo que el diseño y la gestión correcta del depósito controlado es vital.¹⁵

¹⁵ Environment Agency. S/F. *Science report Improved definition of leachate term from landfills.* Science Report P1-494/SR1

2.3.2. Planta de tratamiento de lixiviados

El adecuado manejo de residuos sólidos debe ser siempre una prioridad de la administración urbana. Toda ciudad debe tener en cuenta el manejo de los mismos ya que de lo contrario estos constituyen una fuente importante de contaminación de los recursos naturales, enfermedades, plagas, desequilibrios sociales, entre otros problemas.¹⁶

En cuanto a la presencia de metales pesados en los lixiviados provenientes de residuos sólidos urbanos, se reportan los valores mostrados en la Tabla 2.2.⁴

Tabla 2.2. Concentraciones comunes de metales pesados en los lixiviados provenientes de residuos sólidos urbanos.

PARÁMETRO	PROMEDIO (mg/dm³)	MÍNIMO (mg/dm³)	MÁXIMO (mg/dm³)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Hierro	21,159	17,12	25,197	5,7113
Níquel	1,640	1,400	1,880	0,3394
Plomo	1,851	0,477	3,225	1,9431
Zinc	3,425	2,445	4,405	1,3859
Cobre	0,190	0,144	0,235	0,0643
Cadmio	2,727	3,490	1,964	1,0790
Cromo	0,827	0,623	3,977	0,4122

Fuente: Fuente: Hernández, J. (2011).

Las tecnologías tradicionales más importantes para el tratamiento de los lixiviados originados por los residuos sólidos urbanos son:

¹⁶ Reyes, L. M. (2011). *Diagnóstico de la situación actual de la gestión integral de los residuos sólidos de la ciudad de Pisco y desarrollo de una estrategia para el cierre de botadero de San Luis e implementación del relleno sanitario de Pampas de Oca.*

Tratamiento In Situ (dentro del Relleno Sanitario):

- Impulsado por las características del lixiviado, los requisitos del efluente, infraestructura disponible Requiere un conjunto de procesos de tratamiento.
- Los principales son:
 - Primarios: Tratamiento Físico – Químico, Coagulación, floculación, precipitación química, sedimentación, Proceso de adsorción, Filtración, Extracción con aire, Oxidación química, Membranas
 - Secundarios: Tratamiento Biológico, Lagunas, Lodo Activado y Digestor anaerobio.

Tratamiento fuera de las instalaciones:

- Enviar el lixiviado a una planta de tratamiento aguas residuales (negras).
- Se envía el lixiviado por tuberías o en tanqueros.
- Humedales.

Uno de los aspectos más engorrosos en la gestión integral de residuos sólidos o una instalación de tratamiento de los mismos es el lixiviado. Este líquido procede principalmente de la degradación de la materia orgánica contenida en los residuos, a lo que se suman otros líquidos presentes en los residuos, envases con líquidos, etc., agua de lluvia, etc. Su aspecto es negro, de olor fuerte y penetrante, fluido y, en zonas de acumulación y/o estancamiento, presenta una capa superficial de varios centímetros de espuma. El lixiviado contiene dos contaminantes que causan gran contaminación de los ríos y las aguas subterráneas:

- Amoníaco, que a concentraciones muy bajas matar a los peces.

- Compuestos orgánicos disueltos medidos como demanda química de oxígeno (DQO), que reducen los niveles de oxígeno disuelto del agua y destruyen todos los organismos acuáticos. Otros contaminantes encontrados en el lixiviado son: plaguicidas, metales, sólidos suspendidos metano disuelto.

Actualmente, en muchos vertederos los lixiviados no son controlados de un modo exhaustivo. A pesar de contar con balsas, canalizaciones y otros medios de control, una fracción se filtra en el terreno, contaminando el suelo. Como las velocidades de migración suelen ser muy lentas, es después de algunos años cuando surge algún tipo de impacto ambiental a causa de la contaminación. Ante esta situación, no cabe la menor duda de que en algún momento ésta contaminación pueda afectar a los acuíferos.

Otra posibilidad de contaminación es la de las aguas superficiales; arroyos, ríos y otros cauces superficiales debido a fugas, desbordamientos, etc. de los sistemas previstos para su almacenamiento. Está claro que la solución medio ambientalmente correcta es el tratamiento de los lixiviados antes de su eliminación. Estos métodos son, en realidad, muy parecidos o casi los mismos que los aplicados a la depuración de las aguas residuales, con la salvedad de que los lixiviados tienen características adicionales que pueden alterar el tratamiento, principalmente la altísima carga orgánica que contienen.

La selección del proceso más adecuado para el tratamiento del lixiviado varía en función de las características del propio lixiviado, de su composición química. Así, los parámetros de concentración de amonio, materia orgánica biodegradable y no biodegradable, conductividad y cloruros son factores importantes que determinan cuál es la tecnología más adecuada para aplicar en el tratamiento de estos lixiviados. Pero también han de considerarse las características del medio receptor de los efluentes tratados, así como los límites legales de vertido.

Muchos tratamientos generan a su vez otras fracciones residuales y concentradas que deben a ser gestionados. Pero además de los factores técnicos y legales hay que valorar los aspectos económicos, inversión y costes de explotación. Los técnicos de los depósitos controlados deben seleccionar e implantar las mejores tecnologías disponibles adaptándolas a cada tipo de instalación. En el momento que se requiere la instalación de una planta de tratamiento de lixiviado se debe realizar un estudio de viabilidad tecnológica y seleccionar la mejor tecnología disponible.

Dada la complejidad química de los lixiviados, normalmente su tratamiento adecuado implica una combinación de distintas tecnologías. Existen varios métodos para el tratamiento de estos líquidos, se puede realizar bien in-situ, o off-site. La elección del método dependerá de lo que sea más fiable y adecuado dependiendo tanto de aspectos económicos como técnicos.

Hoy en día el tratamiento reconocido y más empleado es in-situ. Con él se obtienen, mediante la aplicación de varios tratamientos disponibles en el mercado, resultados bastante adecuados en el tratamiento de las aguas. Además, en los últimos años su elección está creciendo, sobre todo, debido a la subida de precios que las otras opciones están experimentando.

Los tratamientos off – site son básicamente el tratamiento en depuradoras de aguas residuales urbanas o industriales. Estas soluciones son aptas cuando no se cuenta con otra posibilidad y dichas instalaciones son capaces de admitir cargas orgánicas muy elevadas, aunque en poco caudal. La solución radica en la posibilidad de reducir esta concentración mediante dilución hasta un 10% como mínimo.

Las características del lixiviado son específicas de los residuos y el lugar; varían ampliamente de acuerdo con el tipo de residuos y el tratamiento que recibieron antes de ser depositados en el relleno de tierras, la tasa de evaporación y la

precipitación neta retenida en el relleno, y la cantidad de lixiviado que emigra al suelo circundante. Debido a la complejidad de la matriz del lixiviado es muy difícil que un solo tipo de tratamiento consiga un efluente apto para ser vertido al medio natural, por lo que en muchas ocasiones los tratamientos completos consisten en la suma de diferentes procesos en serie, lo que confiere una complejidad importante al tratamiento y en este sentido el desarrollo de programas de tratamientos se hacen casi imprescindibles para desarrollar nuevas tecnologías de tratamiento que se adapten a la naturaleza de los lixiviados. En cuanto a las plantas de tratamiento y eliminación de lixiviados varios son los tipos de tratamiento que se utilizan. El diseño exacto de una planta de tratamiento dependerá de muchos factores, incluyendo:

- Caudal y concentración de los lixiviados; principalmente la concentración de amoníaco.
- Aprobación de la gestión de Consentimiento de límites.
- Disponibilidad de energía y el costo.
- Espacio disponible.
- Capacidad portante del terreno.
- Disponibilidad de calor o calor residual.

A manera general:

- Cada relleno sanitario es diferente en cuanto a cantidad y calidad de lixiviado.
- No existe un solo sistema para el tratamiento efectivo de lixiviados.
- Se requiere una combinación de las tecnologías antes mencionadas para el manejo y tratamiento adecuado.

2.4. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Para la fundamentación de la investigación desde el punto de vista legal, se tomaron en cuenta los siguientes cuerpos legales:

- Constitución de la República del Ecuador del año 2008.
- La Ley de Gestión Ambiental.
- Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria.

2.4.1. Constitución de la República del Ecuador del año 2008

Con la promulgación de la Constitución de la República del Ecuador en 1998, que reconoce a las personas, el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación; de forma a preservar el medio ambiente y de esta manera garantiza un desarrollo sustentable.

Art. 12.- En el TITULO II. DERECHOS. Capítulo segundo. Derechos del buen vivir. Sección primera. Agua y alimentación. Dice “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”.

Art. 14.- En el TITULO II. DERECHOS. Capítulo segundo. Derechos del buen vivir. Sección segunda. Ambiente sano. Dice “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*”.

“Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados”.

2.4.2. Ley de Gestión Ambiental

La Ley de Gestión Ambiental constituye el cuerpo legal específico más importante atinente a la protección ambiental en el país. Esta ley está relacionada directamente con la prevención, control y sanción a las actividades contaminantes a los recursos naturales y establece las directrices de política ambiental, así como determina las obligaciones, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones dentro de este campo.

La promulgación de la Ley de Gestión Ambiental en el año de 1999, confirmó que el Ministerio del Ambiente, creado en el año de 1996, es la autoridad nacional ambiental y estableció un Marco general para el desarrollo y aprobación de la normativa ambiental, dentro de los principios de desarrollo sustentable, establecidos en la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, y ratificados en la Constitución Política de la República y en la subsiguiente Constitución de la República, aprobada en el año 2008.

Se establece el Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental como un mecanismo de coordinación transectorial, interacción y cooperación entre los distintos ámbitos, sistemas y subsistemas de manejo ambiental y de gestión de recursos naturales. Art. 5, Ley de Gestión Ambiental.

2.4.3. Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente

En el año 2003 se publica el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente que unifica la legislación secundaria ambiental, para facilitar a los ciudadanos el acceso a la normativa requerida. Constituye un texto reglamentario bastante amplio de la normativa ecuatoriana vigente en la Ley de Gestión Ambiental y con lo que queda en vigor de la Ley de Prevención y

Control de la Contaminación Ambiental. Se trata, pues, de una herramienta legal de desarrollo detallado, en el nivel reglamentario de la legislación relacionada al tema ambiental en general, a los impactos ambientales, al régimen forestal y afines, etc.

El Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente fue aprobado inicialmente por el Decreto Ejecutivo N° 3399 del 28 de noviembre del 2002, fue publicado en el Registro Oficial No. 725 de 16 de diciembre de 2002 donde se establece en su Art. 2 de la derogatoria de varias normas secundarias entre las cuales el decreto Ejecutivo No. 1802 publicado en el Registro Oficial No. 456 del 7 de junio de 1994, que contenía las Políticas Básicas Ambientales del Ecuador (**Decreto N° 1802 – Políticas básicas ambientales**). En vista que el Texto Unificado no se publicó en su totalidad, se expidió el Decreto Ejecutivo N° 3516 del 27 de diciembre de 2002, que decretó la publicación inmediata del texto completo de la legislación ambiental en el Registro Oficial y su vigencia, así como aplicación a partir del 16 de diciembre del 2002, fecha de la publicación del Decreto Ejecutivo N° 3399 en el Registro Oficial. Por lo cual, el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Decreto N° 3516, se publicó en la Edición Especial No. 2 del Registro Oficial, con fecha 31 de marzo del 2003, ratificando su plena vigencia y aplicabilidad en todo el territorio nacional.

El presente Decreto expide el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, y está compuesto de nueve libros.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. MÉTODOS Y TÉCNICAS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Métodos de Investigación

3.1.1.1. Método de observación científica

A través de este método de investigación se procedió a la determinación de qué es lo que se quiere estudiar, es decir, la selección de aquello que se deseaba poner bajo análisis y síntesis.

Se describieron y explicaron las situaciones y resultados apropiados y fiables, identificando con elevado grado de confiabilidad las conductas identificadas y el comportamiento de los parámetros indicadores de la contaminación, seleccionados previamente mediante la observación científica de la problemática del manejo final de los desechos sólidos.

3.1.1.2. Métodos analítico y sintético

Este método resultó la base de los análisis de laboratorio realizados a las muestras de agua del estero, aguas debajo del impacto con los lixiviados, así como la determinación de las características de dicha corriente contaminante.

Asimismo, después de estudiar las partes del proceso contaminante, se realizó una síntesis, a través de la cual, se concluyeron los principales aspectos del estudio.

3.1.2. Técnicas de Investigación

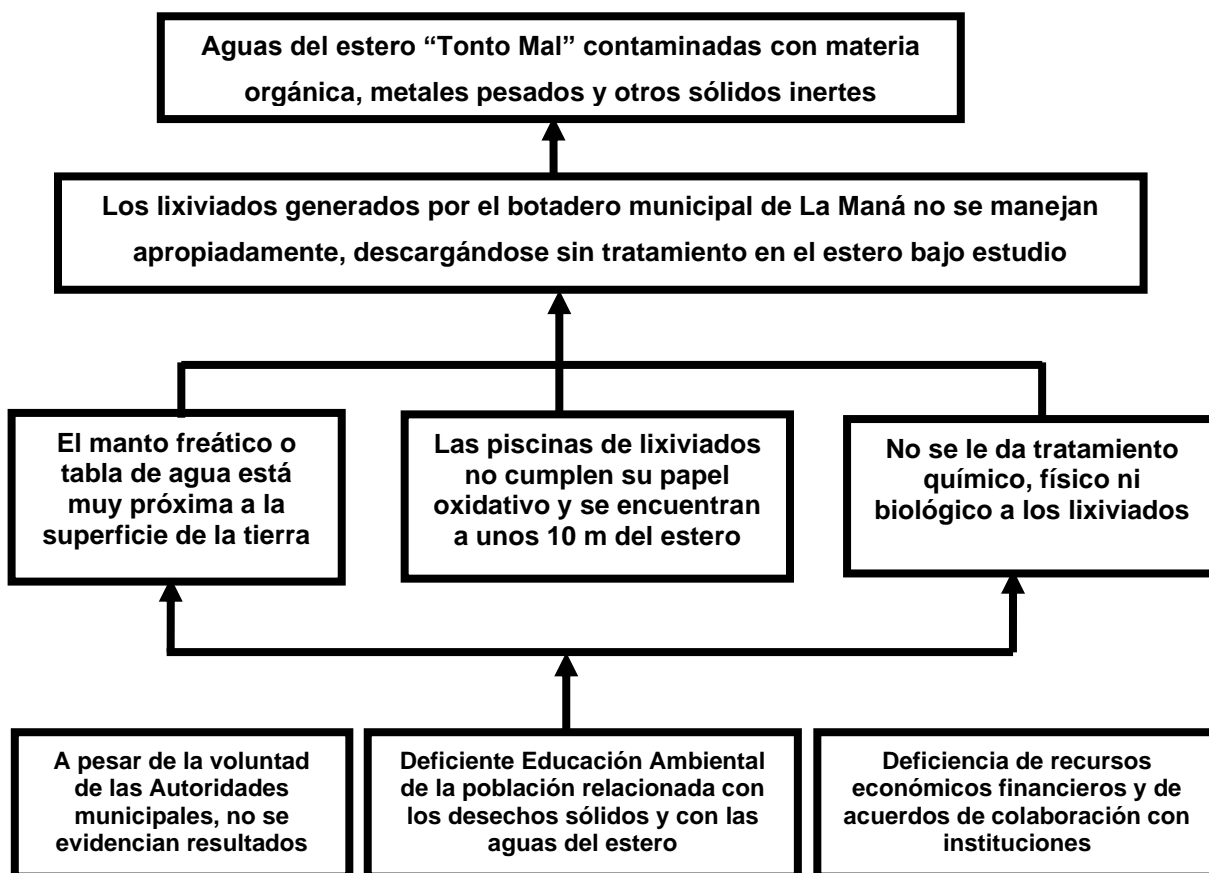
Además de las técnicas de análisis del laboratorio químico – biológico, se empleó también la técnica de la entrevista, aplicada a la población relacionada

con el estudio, aunque partiendo de la investigación bibliográfica, para el asentamiento de las bases teóricas consideradas.

3.2. CONSTRUCCIÓN METODOLÓGICA DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN

El objeto de estudio, es decir, la incidencia de los lixiviados en la calidad del agua del estero “Tonto Mal”, se construyó sobre la base de la interacción causa – efecto, a través del árbol de la problemática que se muestra en la Figura 3.1.

Árbol de problemas de la contaminación del estero “Tonto Mal”



Elaboración: El Autor.

Figura 3.1. Árbol de problemas de la contaminación del estero “Tonto Mal” por los lixiviados del botadero Municipal del Cantón La Maná

3.3. ELABORACIÓN DEL MARCO TEÓRICO

Tomando en cuenta los propósitos planteados en los objetivos específicos, que a su vez se relacionaron con las variables del estudio, así como con el asociado con la propuesta alternativa de solución de la problemática, se elaboró el Marco Teórico, con base en la bibliografía más actualizada y disponible, enfocando descripciones y explicaciones de los diferentes autores acerca de las variables.

De esta forma fue posible la aplicación con conocimiento de causa, de todos los instrumentos necesarios para la medición de las variables de investigación, así como la interpretación de los resultados obtenidos en dicha medición, quedando así también explicada la hipótesis del estudio, referida al comienzo del Capítulo en el que se plantean y discuten los datos encontrados.

3.4. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN EMPÍRICA

3.4.1. Población

La población estuvo constituida, primero por las aguas del estero Tonto Mal, arriba y abajo del punto de impacto de los lixiviados del vertedero de RSU, así como el conjunto de estos, contenidos en un reservorio o piscina.

Asimismo, se consideró como población para el estudio, al conjunto de habitantes residentes no sólo en áreas afectadas por el impacto ambiental de la descarga de lixiviados al estero, sino, por toda la población de la cabecera cantonal.

3.4.2. Muestra

Se tomaron muestras del agua del estero aguas arriba y abajo del punto de impacto, así como de los lixiviados almacenados en la piscina existente. De otra

parte, de la población de la ciudad de La Maná (como área urbana del cantón) con edades entre 15 y 69 años, 19 637 habitantes, según el último censo de población y vivienda del 2010¹⁷; se estimó la muestra a través de la ecuación del Centro Nacional de Estadísticas de Santiago de Chile (CIENES)¹⁸:

$$n = \frac{PQ \times N}{(N-1) \frac{\alpha^2}{K^2} + PQ}$$

Donde: n = Tamaño de la muestra

PQ = Cuantil de la población = 0,25

N = Tamaño de la población = 19 637 habitantes

α = Nivel de significación = 0,05 (95% de confianza)

K = Constante de corrección del error = 2

$$n = \frac{0,25 \times 19637}{(19637-1) \frac{0,05^2}{2^2} + 0,25}$$

$n = 392 \text{ personas}$

La selección de la muestra se realizó al azar de entre el total de la población, con base en el último padrón electoral, aplicando la tabla de números aleatorios. Según los rangos de edades, la distribución de la muestra se presenta en la Tabla 3.1, considerando la relación muestra/población igual a 0,019962.

¹⁷ Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Presidencia de la República del Ecuador..

¹⁸ CENTRO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS DE SANTIAGO DE CHILE (CIENES). (1990). *Cálculo de muestras a partir de poblaciones finitas.*

Tabla 3.1. Distribución de la muestra según rango de edades

EDADES (AÑOS)	POBLACIÓN	MUESTRA
De 15 a 19	3178,5	63
De 20 a 24	2979	59
De 25 a 29	2774,5	55
De 30 a 34	2362,5	47
De 35 a 39	1979	40
De 40 a 44	1657,5	33
De 45 a 49	1400,5	28
De 50 a 54	1085,5	22
De 55 a 59	895	18
De 60 a 64	711	14
De 65 a 69	614	12
TOTAL	19 637	392

Elaboración: El Autor.

3.4.3. Procedimiento

El procedimiento para la medición de las variables fue el siguiente:

- a) Para la variable independiente o causa del problema

Se tomaron tres muestras del líquido lixiviado contenido en la piscina correspondiente, particularmente a la salida de la descarga al estero, para análisis de laboratorio, determinándose los valores medios de los parámetros indicadores de la contaminación considerados, a saber, pH, Oxígeno disuelto, SST, SDT, DBO, Nitrógeno orgánico, Cloruros, Sulfatos y, los metales pesados Hierro, Cromo, Níquel, Plomo, Cinc y Cobre. El caudal de lixiviados que ingresa

al estero se determinó mediante el método de aforo, con un recipiente graduado de 10 dm³ de volumen y un cronómetro digital.

a) Para la variable dependiente o efecto del problema

- Se tomaron tres muestras del agua del estero aguas arriba del impacto, otras tres a 150 y 200 m aguas abajo del mismo, para promediar los valores obtenidos del análisis de laboratorio de los parámetros mencionados anteriormente.
- Después de seleccionar la muestra estimada se procedió a aplicar la guía de entrevista que se muestra en el Anexo 1, discutiéndose los resultados a través del análisis y la síntesis los mismos.

Todas las muestras para análisis, en frascos 2 dm³ de fueron enviadas en neveras refrigerados con hielo seco (CO₂ sólido) al Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA), localizado en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), de la ciudad de Riobamba.

3.5. DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA

La información obtenida puede ser descrita como:

- Un conjunto de datos de análisis de laboratorio, válidos para promediar con base en tres resultados, las cifras de cada parámetro indicador de la contaminación, tanto en el lixiviado almacenado en la piscina, como en las aguas del estero, arriba y abajo del punto de impacto.
- Los datos correspondientes a los resultados de la percepción ciudadana acerca de la incidencia de la descarga de lixiviados en la calidad de las aguas del estero Tonto Mal.

3.6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de los análisis de laboratorio fueron tabulados y comparados con la normativa correspondiente vigente en el Ecuador, discutiéndose los nexos e interrelaciones entre la descarga de lixiviados, con sus características medidas y la calidad del agua del estero Tonto Mal, con base en los datos analíticos obtenidos. Para la toma de decisiones en cuanto a la aceptación o rechazo de la hipótesis de investigación, se realizaron pruebas empleando la distribución de la “t” de Student (teoría de las muestras pequeñas).

Los resultados de las entrevistas fueron tabulados y graficados según sus frecuencias, analizándose mediante el empleo de la distribución normal, desembocando en pruebas de hipótesis que demuestren la realidad de la percepción ciudadana acerca del problema estudiado.

3.7. CONSTRUCCIÓN DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN

El Informe de investigación fue elaborado comenzando por las páginas preliminares donde destacan la carátula, los índices de contenidos, tablas y figuras, así como tanto el resumen ejecutivo como el abstract o summary. A continuación se plasmó el desarrollo de la investigación dividida en capítulos, a saber, los Marcos Contextual y Teórico, Metodología, Análisis e interpretación de los resultados en relación con las hipótesis de investigación, Conclusiones y recomendaciones y, la Propuesta.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS EN RELACIÓN CON LAS HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

4.1. ENUNCIADO DE LA HIPÓTESIS

Los lixiviados producidos por los residuos sólidos del relleno de La Maná, influyen negativamente en la calidad de agua del estero “Tonto Mal”.

4.2. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN EMPÍRICA PERTINENTE A LA HIPÓTESIS

4.2.1. Variable independiente: lixiviados producidos por los residuos sólidos del relleno de La Maná

A continuación se procede a ubicar y describir la información empírica pertinente a la hipótesis, con respecto a la variable independiente. Esta variable, “lixiviados producidos por los residuos sólidos del relleno de La Maná”, fue medida según los indicadores de la contaminación del agua, relacionados con el proceso del relleno sanitario, es decir, las concentraciones de los principales parámetros que se asocian al estado de calidad ambiental de una corriente de agua.

En la Tabla 4.1 se presentan los resultados obtenidos de la caracterización de los lixiviados contenidos en el reservorio correspondiente en la primera columna se listan los parámetros considerados, o sea, pH, Oxígeno disuelto, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Disueltos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno de 5 días a 20°C, Nitrógeno orgánico, Cloruros, Sulfatos y, los metales pesados Hierro, Cromo, Níquel, Plomo, Cinc y Cobre; las unidades de medida en la segunda columna y, los resultados medios de las concentraciones.

Tabla 4.1. Concentraciones medias de contaminantes en la piscina de lixiviados.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS MEDIOS DE LAS CONCENTRACIONES EN LA PISCINA DE LIXIVIADOS
pH	-----	6,13
Oxígeno disuelto	mg/dm ³	0,86
SST	mg/dm ³	610
SDT	mg/dm ³	1 240
DBO ₅ a 20°C	mg/dm ³	8 358
Nitrógeno orgánico	mg/dm ³	159
Cloruros	mg/dm ³	345
Sulfatos	mg/dm ³	476
Hierro	mg/dm ³	16
Cromo	mg/dm ³	0,43
Níquel	mg/dm ³	0,097
Plomo	mg/dm ³	0,002
Cinc	mg/dm ³	8,17
Cobre	mg/dm ³	2,96

Elaboración: El Autor.

El caudal de lixiviados que ingresa a la corriente del estero “Tonto Mal”, se estimó en 1,57 m³/d como promedio de 10 mediciones en época lluviosa.

4.2.2. Variable dependiente: Calidad ambiental de las aguas del estero “Tonto Mal”

En la Tabla 4.2 se presentan los resultados obtenidos de la caracterización del agua del estero aguas arriba del punto de impacto, de los lixiviados acumulados en el reservorio correspondiente y que más adelante serán comparadas con las

de los sitios aguas debajo de dicha descarga. En la primera columna se listan los parámetros considerados, o sea, pH, Oxígeno disuelto, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Disueltos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno de 5 días, Nitrógeno orgánico, Cloruros, Sulfatos y, los metales pesados Hierro, Cromo, Níquel, Plomo, Cinc y Cobre.

En la Tabla 4.3, se muestran los resultados obtenidos de la caracterización del agua del estero aguas abajo del punto de impacto así como de las aguas del estero a 150 y 200 m aguas debajo de la descarga. En la primera columna se listan los parámetros considerados, o sea, pH, Oxígeno disuelto, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Disueltos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno de 5 días, Nitrógeno orgánico, Cloruros, Sulfatos y, los metales pesados Hierro, Cromo, Níquel, Plomo, Cinc y Cobre. En las columnas que siguen se muestran los resultados medios de las concentraciones encontradas aguas arriba piscina, a 150 m aguas abajo del impacto y a 200 m del mismo. En las que siguen aparecen los límites máximos permisibles para consumo humano y, los porcentajes en exceso por sobre el límite máximo permitido.

Tabla 4.2. Valores de las concentraciones del agua del estero “Tonto Mal” aguas arriba del punto de descarga de los lixiviados del sistema de relleno de desechos sólidos de La Maná.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS MEDIOS DE LAS CONCENTRACIONES	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE CONSUMO HUMANO	PORCENTAJES EN EXCESO POR SOBRE EL LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO (%)
		AGUAS ARRIBA	-----	AGUAS ARRIBA
pH	-----	7,12	6,00 – 9,00	0,00
Oxígeno disuelto	mg/dm ³	6,55	6,00 (mínimo)	9,17
SST	mg/dm ³	60	-----	-----
SDT	mg/dm ³	386	500	-22,8
DBO ₅	mg/dm ³	3,54	1,00	254
Nitrógeno orgánico	mg/dm ³	1,95	-----	-----
Cloruros	mg/dm ³	9	2,00	350
Sulfatos	mg/dm ³	46	250	-81,6
Hierro	mg/dm ³	0,47	0,30	56,7
Cromo	mg/dm ³	0,25	0,05	400
Níquel	mg/dm ³	0,31	0,02	1450
Plomo	mg/dm ³	< 0,007	0,01	-30
Cinc	mg/dm ³	0,06	5,00	-98,8
Cobre	mg/dm ³	0,04	1,00	-96

Elaboración: El Autor.

Tabla 4.3. Comportamiento de las concentraciones de contaminantes aguas arriba y abajo del punto de impacto en relación con el cumplimiento de los valores normados.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS MEDIOS DE LAS CONCENTRACIONES ENCONTRADAS				LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE CONSUMO HUMANO	PORCENTAJES EN EXCESO POR SOBRE EL LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO (%)		
		AGUAS ARRIBA	PISCINA	AGUAS ABAJO			-----	AGUAS ARRIBA	150 m
				150 m	200 m				
pH	-----	7,12	6,13	6,33	6,68	6,00 – 9,00	0,00	0,00	0,00
Oxígeno disuelto	mg/dm ³	6,55	0,86	5,87	5,21	6,00 (mínimo)	9,17	-2,17*	-13,17*
SST	mg/dm ³	60	610	358	354	-----	-----	-----	-----
SDT	mg/dm ³	386	1240	736	725	500	-22,8	47,2	45
DBO ₅ a 20°C	mg/dm ³	3,54	8358	6	5	1,00	254	500	400
Nitrógeno orgánico	mg/dm ³	1,95	159	32	29	-----	-----	-----	-----
Cloruros	mg/dm ³	9	345	300	267	2,00	350	14900	13250
Sulfatos	mg/dm ³	46	476	488	327	250	-81,6	95,2	30,8
Hierro	mg/dm ³	0,47	16	7,46	5,77	0,30	56,7	2386,7	1823,3
Cromo	mg/dm ³	0,25	0,43	0,12	0,07	0,05	400	140	40
Níquel	mg/dm ³	0,31	0,097	1,02	0,93	0,02	1450	5000	4550
Plomo	mg/dm ³	< 0,007	0,002	0,018	0,012	0,01	-30	80	20
Cinc	mg/dm ³	0,06	8,17	6,22	5,83	5,00	-98,8	24,4	16,6
Cobre	mg/dm ³	0,04	2,96	1,39	1,20	1,00	-96	39	20

Elaboración: El Autor.

4.2.3. Resultados de la guía de entrevista aplicada a la muestra poblacional

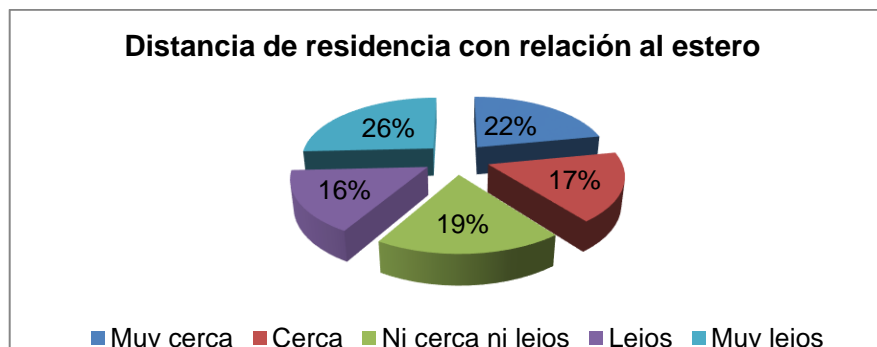
Se ubican las Tablas de frecuencias y porcentajes según las respuestas de los 392 entrevistados. En la primera columna se muestran los índices del indicador, en la segunda, la frecuencia y; en la tercera el porcentaje con relación a la muestra de 392 personas, previamente estimada.

a) Distancia estimada de su residencia con relación al estero “Tonto Mal”

Tabla 4.4. Distancia estimada de su residencia con relación al estero “Tonto Mal”

DISTANCIA ESTIMADA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Muy cerca	86	21,94
Cerca	69	17,60
Ni cerca ni lejos	74	18,88
Lejos	62	15,82
Muy lejos	101	25,77
TOTAL	392	100,00

Elaboración: El Autor.



Elaboración: El Autor.

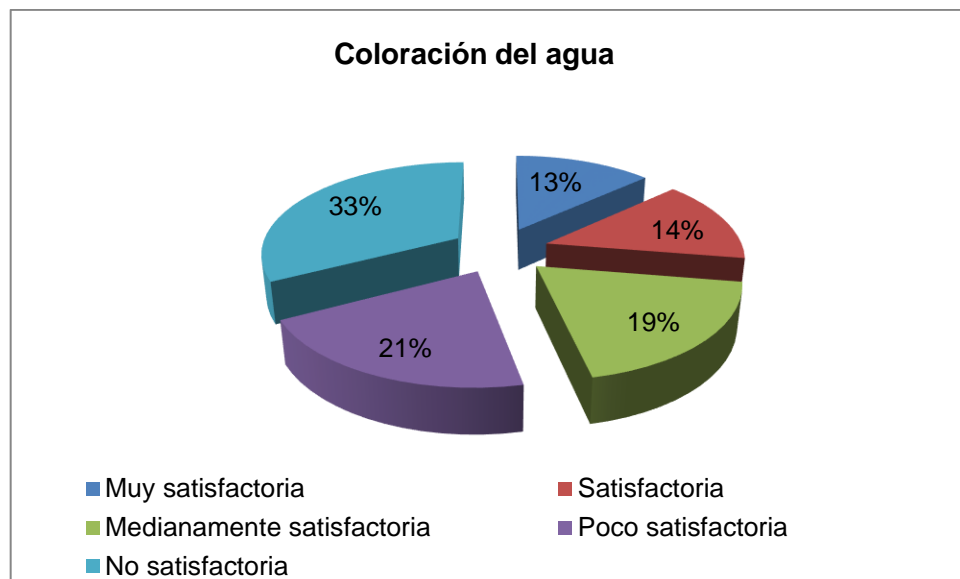
Figura 4.1. Distancia estimada de su residencia con relación al estero “Tonto Mal”

b) Coloración del agua del estero

Tabla 4.5. Coloración del agua del estero

COLORACIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Muy satisfactoria	52	13,27
Satisfactoria	56	14,29
Medianamente satisfactoria	75	19,13
Poco satisfactoria	81	20,66
No satisfactoria	128	32,65
TOTAL	392	100,00

Elaboración: El Autor.



Elaboración: El Autor.

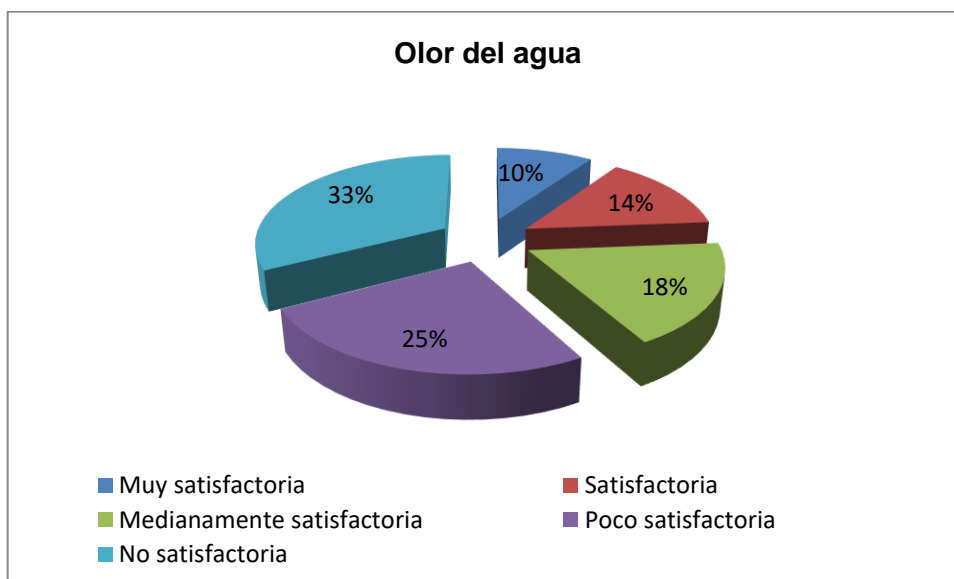
Figura 4.2. Coloración del agua del estero

c) Olor del agua del estero

Tabla 4.6. Olor del agua del estero

OLOR	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Muy satisfactoria	38	9,69
Satisfactoria	55	14,03
Medianamente satisfactoria	71	18,11
Poco satisfactoria	100	25,51
No satisfactoria	128	32,65
TOTAL	392	100,00

Elaboración: El Autor.



Elaboración: El Autor.

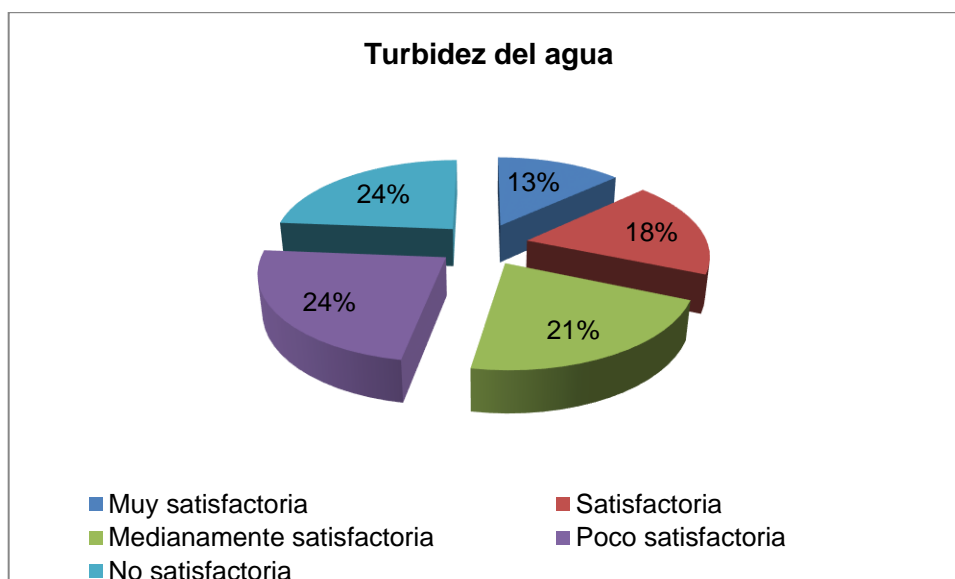
FIGURA 4.3. OLOR DEL AGUA DEL ESTERO

d) Turbidez del agua del estero

Tabla 4.7. Turbidez del agua del estero

TURBIDEZ	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Muy satisfactoria	55	14,03
Satisfactoria	75	19,13
Medianamente satisfactoria	82	20,92
Poco satisfactoria	86	21,94
No satisfactoria	94	23,98
TOTAL	392	100,00

Elaboración: El Autor.



Elaboración: El Autor.

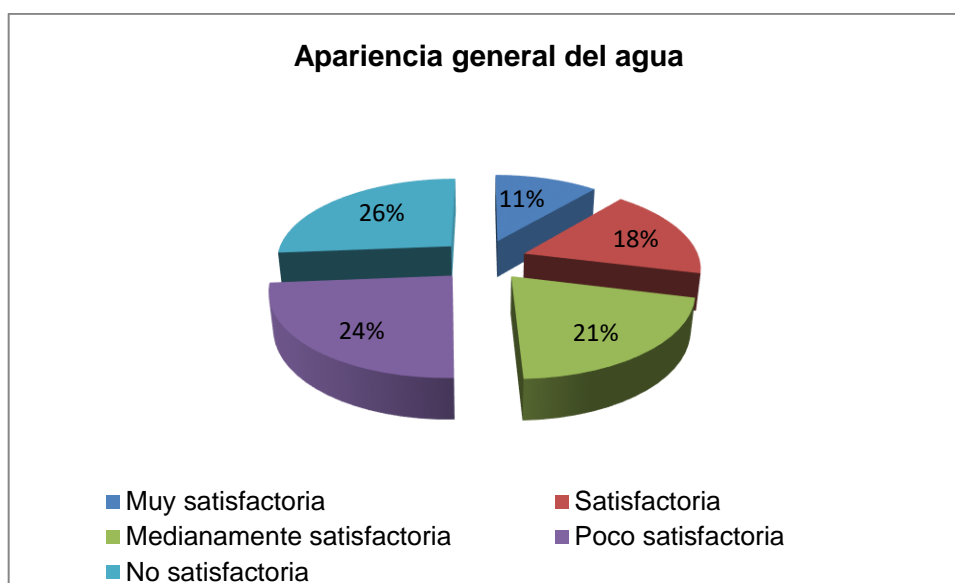
FIGURA 4.4. TURBIDEZ DEL AGUA DEL ESTERO

e) Apariencia general del agua del estero

Tabla 4.8. Apariencia general del agua del estero

APARIENCIA GENERAL DEL AGUA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Muy satisfactoria	44	11,22
Satisfactoria	69	17,60
Medianamente satisfactoria	81	20,66
Poco satisfactoria	95	24,23
No satisfactoria	103	26,28
TOTAL	392	100,00

Elaboración: El Autor.



Elaboración: El Autor.

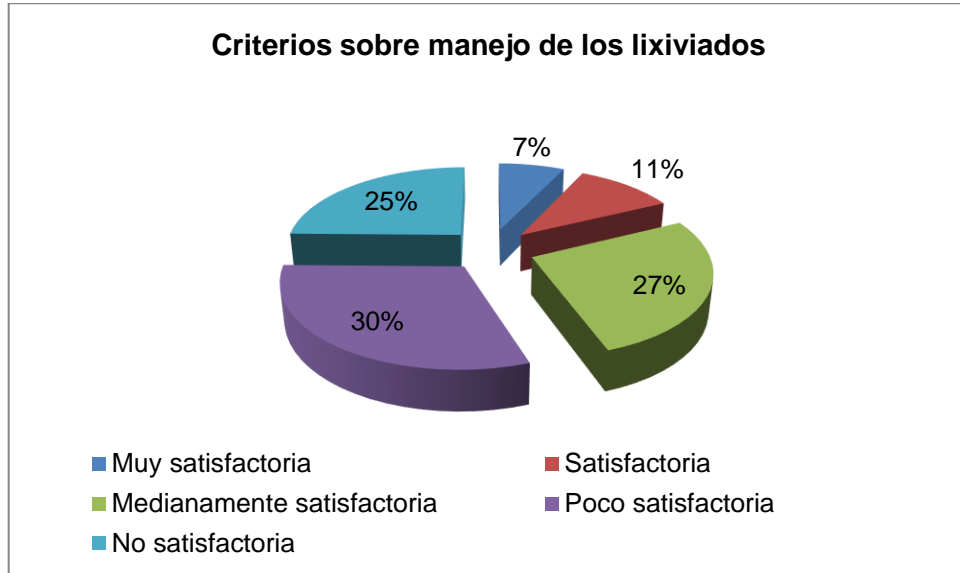
FIGURA 4.5. APARIENCIA GENERAL DEL AGUA DEL ESTERO

f) Criterios sobre manejo de los lixiviados del relleno sanitario

Tabla 4.9. Criterios sobre manejo de los lixiviados

CRITERIOS SOBRE MANEJO DE LOS LIXIVIADOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Muy satisfactoria	28	7,14
Satisfactoria	42	10,71
Medianamente satisfactoria	105	26,79
Poco satisfactoria	120	30,61
No satisfactoria	97	24,74
TOTAL	392	100,00

Elaboración: El Autor.



Elaboración: El Autor.

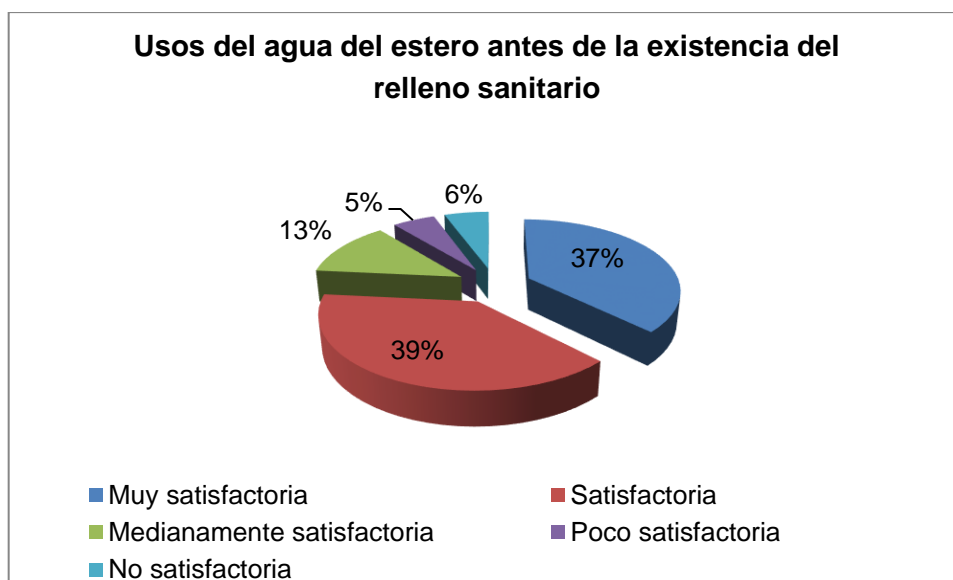
FIGURA 4.6. CRITERIOS SOBRE MANEJO DE LOS LIXIVIADOS

g) Usos del agua del estero antes de la existencia del relleno sanitario

Tabla 4.10. Usos del agua del estero antes de la existencia del relleno sanitario

USOS DEL AGUA DEL ESTERO ANTES DE LA EXISTENCIA DEL RELLENO SANITARIO	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Muy satisfactoria	147	37,50
Satisfactoria	153	39,03
Medianamente satisfactoria	49	12,50
Poco satisfactoria	21	5,36
No satisfactoria	22	5,61
TOTAL	392	100,00

Elaboración: El Autor.



Elaboración: El Autor.

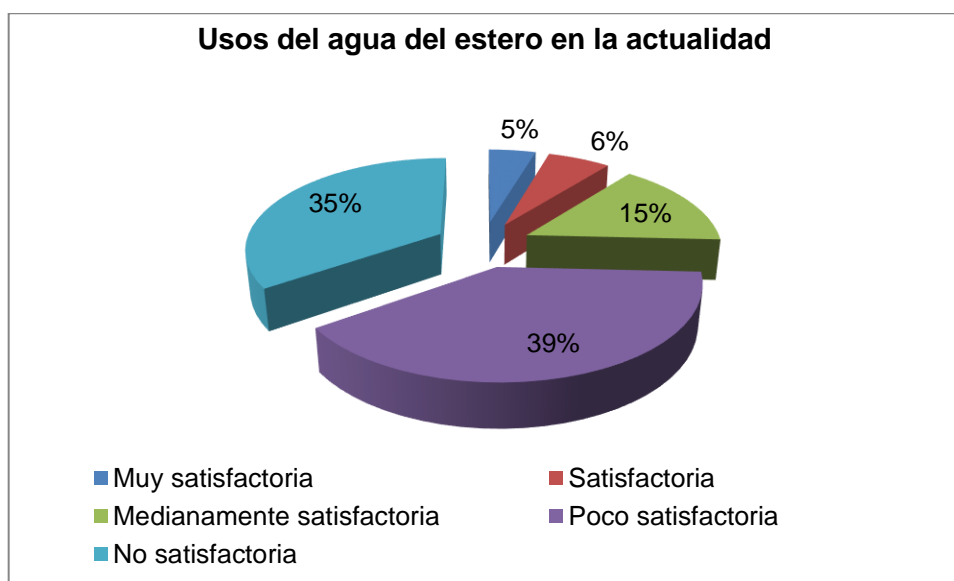
FIGURA 4.7. USOS DEL AGUA DEL ESTERO ANTES DE LA EXISTENCIA DEL RELLENO SANITARIO

h) Usos del agua del estero en la actualidad

Tabla 4.11. Usos del agua del estero en la actualidad

USOS DEL AGUA DEL ESTERO EN LA ACTUALIDAD	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Muy satisfactoria	18	4,59
Satisfactoria	24	6,12
Medianamente satisfactoria	59	15,05
Poco satisfactoria	155	39,54
No satisfactoria	136	34,69
TOTAL	392	100,00

Elaboración: El Autor.



Elaboración: El Autor.

Figura 4.8. Usos del agua del estero en la actualidad

4.3. DISCUSIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA EN RELACIÓN A LA NATURALEZA DE LA HIPÓTESIS

4.3.1. Resultados de los análisis de laboratorio

De acuerdo con los datos que se presentan en la Tabla 4.2, es de notar que las aguas del estero Tonto Mal, aguas arriba del punto de impacto de los lixiviados del vertedero de RSU, están caracterizadas por concentraciones de contaminantes generalmente por sobre la normativa para agua de consumo humano. Este es el caso de los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno de 5 días (254% por encima del normado), Cloruros (350%), Hierro (57%), Cromo (400%) y Níquel (1450%). Según Snoeyink y Jenkins (1999)¹⁹, estos valores son indicativos de mala calidad del agua de corrientes superficiales, siendo una de las causas principales la actividad antropogénica. Mantienen valores aceptables según la norma, el Potencial de Hidrógeno, Oxígeno disuelto, los Sólidos Disueltos Totales, Sulfatos, Plomo, Cinc y, Cobre.

Según los datos mostrados en la Tabla 4.3, se aprecia que la mayoría de los parámetros investigados, indicadores de la contaminación de la corriente de agua, sufren cambios que implican negatividades ambientales, con excepción de los Sólidos Suspendidos Totales y del Nitrógeno orgánico, no por la posible ausencia de un cambio negativo, sino por la no existencia de valores límites permitidos en las normas nacionales e internacionales consultadas. A continuación se discutirán individualmente los parámetros analizados.

a) pH

Los valores del pH encontrados en la piscina de lixiviados (6,13) están dentro de la norma correspondiente a un agua residual no dañina. Aunque al ocurrir el

¹⁹ Snoeyink, V. L. y Jenkins, D. 1999. *Química del Agua*. Ed. Limusa. Buenos Aires, Argentina.

impacto, las cifras medidas aun estuvieron dentro del rango estimado por la normativa, sí hubo una tendencia a la acidificación; 7,12 en el estero aguas arriba y 6,33 y 6,68; en puntos ubicados a 150 y 200 m aguas debajo de la descarga de lixiviados no tratados. Por lo que la desviación del rango estipulado es 0,00%.

b) Oxígeno disuelto

Como era de esperar, la concentración de oxígeno disuelto en los lixiviados es prácticamente nula ($0,86 \text{ mg/dm}^3$); sin embargo el estero, aguas arriba de la descarga contiene suficiente ($6,55 \text{ mg/dm}^3$) como para el desarrollo de la vida acuática y el buen estado de la corriente. Tanto a la distancia de 150 m como de 200 m aguas abajo del punto de impacto, el agua mantiene valores de la concentración de oxígeno disuelto por debajo del mínimo fijado por la normativa ($6,00 \text{ mg/dm}^3$); es decir, $5,87$ y $5,21 \text{ mg/dm}^3$ respectivamente. En números porcentuales existe un descenso del 2,17 y 13,17% con respecto a lo normado para ambos puntos; sin embargo cabe decir, que a pesar de ello, los valores medidos de este parámetro están suficientemente por sobre los mínimos necesarios para mantener la corriente del estero con buena calidad ambiental. Es decir, aunque hay descensos del oxígeno disuelto, estos no son como para provocar anaerobiosis en la corriente de agua.

c) Sólidos Disueltos Totales

En cuanto a la concentración de Sólidos Disueltos Totales, la corriente del estero posee una media de 386 mg/dm^3 , la cual está un 23% por debajo del máximo normado (500 mg/dm^3), sin embargo, al sufrir el impacto de los lixiviados sin tratamiento previo, dicho valor aumenta hasta 736 y 725 mg/dm^3 respectivamente a 150 y 200 m de la descarga contaminante, es decir, 47 y 45% por encima, en los puntos referidos. O sea, que en cuanto a este

parámetro, se manifiestan cambios significativos que implican negatividad ambiental en la corriente de agua.

d) Demanda Bioquímica de Oxígeno de 5 días

Acerca de la DBO₅, la corriente del estero posee una media de 3,54 mg/dm³, la cual está un 254% por sobre el máximo normado (1,00 mg/dm³), sin embargo, al sufrir el impacto de los lixiviados sin tratamiento previo, dicho valor aumenta hasta 6 y 5 mg/dm³ respectivamente a 150 y 200 m de la descarga contaminante, es decir, 500 y 400% por encima, en los puntos referidos. Es decir que, en cuanto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno de 5 días, también se manifiestan cambios significativos que implican negatividad ambiental en la corriente de agua. De acuerdo con Barba (2002)²⁰, que determina que valores similares en cualquier corriente de agua, son indicativos de contaminación orgánica, lo que limita el uso de dicha agua para suplir ciertas necesidades humanas.

e) Cloruros

Considerando la concentración de Cloruros, la corriente del estero posee una media de 9 mg/dm³, la cual está un 350% por sobre el máximo normado (2 mg/dm³), sin embargo, al sufrir el impacto de los lixiviados sin tratamiento previo, dicho valor aumenta hasta 300 y 267 mg/dm³ respectivamente a 150 y 200 m de la descarga contaminante, es decir, 14 900 y 13250% por encima, en los puntos referidos. Se interpreta que los cloruros representan al parámetro indicador de la contaminación que más negativamente afecta a la calidad de las aguas del estero.

²⁰ Barba, L. E. 2002. *Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición*. Facultad de Ingenierías Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente, Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia.

f) Sulfatos

Acerca de los sulfatos, la corriente del estero posee una media de 46 mg/dm³, la cual está un 82% por debajo del máximo normado (250 mg/dm³), sin embargo, al sufrir el impacto de los lixiviados sin tratamiento previo, dicho valor aumenta hasta 488 y 327 mg/dm³ respectivamente a 150 y 200 m de la descarga contaminante, es decir, 95 y 31% por encima, en los puntos referidos. Es decir que, en cuanto a los Sulfatos, también se manifiestan cambios significativos que implican negatividad ambiental en la corriente de agua.

g) Hierro

En cuanto al hierro, la corriente del estero posee una media de 0,47 mg/dm³, la cual está un 57% por sobre el máximo normado (0,30 mg/dm³), sin embargo, al sufrir el impacto de los lixiviados sin tratamiento previo, dicho valor aumenta hasta 7,46 y 5,77 mg/dm³ respectivamente a 150 y 200 m de la descarga contaminante, es decir, 2 387 y 1 823% por encima, en los puntos referidos. Es decir que, en cuanto a la concentración de hierro, también se manifiestan cambios significativos que implican negatividad ambiental en la corriente de agua.

h) Cromo

Acerca del Cromo, la corriente del estero posee una media de 0,25 mg/dm³, la cual está un 400% por sobre el máximo normado (0,05 mg/dm³), sin embargo, al sufrir el impacto de los lixiviados sin tratamiento previo, dicho valor disminuye hasta 0,12 y 0,07 mg/dm³ respectivamente a 150 y 200 m de la descarga contaminante, es decir, 140 y 40% por encima, en los puntos referidos. Es decir que, en cuanto al Cromo, aunque se mantienen valores de concentración por encima del normado, el impacto con los lixiviados no empeora la situación, sino

que en algo mejora, pero manteniéndose la negatividad ambiental que ya portaba la corriente agua antes de la descarga.

i) Níquel

En cuanto al Níquel, la corriente del estero posee una media de $0,31 \text{ mg/dm}^3$, la cual está un 1 450% por sobre el máximo normado ($0,02 \text{ mg/dm}^3$), sin embargo, al sufrir el impacto de los lixiviados sin tratamiento previo, dicho valor aumenta hasta $1,02$ y $0,93 \text{ mg/dm}^3$ respectivamente a 150 y 200 m de la descarga contaminante, es decir, 5 000 y 4 550% por encima, en los puntos referidos. Es decir que, en cuanto a la concentración de Níquel, también se manifiestan cambios significativos que implican una elevada negatividad ambiental en la corriente de agua.

j) Plomo

Acerca del Plomo, la corriente del estero posee una media de menos que $0,007 \text{ mg/dm}^3$, la cual está en un 83% por debajo del máximo normado ($0,01 \text{ mg/dm}^3$), sin embargo, al sufrir el impacto de los lixiviados sin tratamiento previo, dicho valor aumenta hasta $0,018$ y $0,012 \text{ mg/dm}^3$ respectivamente a 150 y 200 m de la descarga contaminante, es decir, 80 y 20% por encima, en los puntos referidos. Es decir que, en cuanto a la concentración de Plomo, también se manifiestan cambios significativos que implican negatividad ambiental en la corriente de agua.

k) Cinc

En cuanto al Cinc, la corriente del estero posee una media de $0,06 \text{ mg/dm}^3$, la cual está un 99% por debajo del máximo normado (5 mg/dm^3), sin embargo, al sufrir el impacto de los lixiviados sin tratamiento previo, dicho valor aumenta hasta $6,22$ y $5,83 \text{ mg/dm}^3$ respectivamente a 150 y 200 m de la descarga

contaminante, es decir, 24 y 17% por encima, en los puntos referidos. Es decir que, en cuanto a la concentración de Cinc, también se manifiestan cambios significativos que implican una negatividad ambiental en la corriente de agua.

l) Cobre

En cuanto al Cobre, la corriente del estero posee una media de 0,04 mg/dm³, la cual está un 96% por debajo del máximo normado (1 mg/dm³), sin embargo, al sufrir el impacto de los lixiviados sin tratamiento previo, dicho valor aumenta hasta 1,39 y 1,20 mg/dm³ respectivamente a 150 y 200 m de la descarga contaminante, es decir, 39 y 20% por encima, en los puntos referidos. Es decir que, en cuanto a la concentración de Cobre, también se manifiestan cambios significativos que implican una negatividad ambiental en la corriente de agua.

4.3.2. Resultados de la aplicación de la guía de entrevista

Para la discusión de los resultados de la guía de entrevista, se procedió a la elaboración de la Tabla 4.12 que resume los datos por indicador, según los diferentes ítems de la entrevista aplicada, tabulada y graficados sus resultados anteriormente.

Tabla 4.12. Resumen de datos porcentuales de la encuesta

INDICADOR	MS	S	Med. S	PS	NS	TOTAL
Coloración del agua del estero después del impacto	13,27	14,29	19,13	20,66	32,65	100,00
Olor del agua del estero después del impacto	9,69	14,03	18,11	25,51	32,65	100,00
Turbidez del agua del estero después del impacto	14,03	19,13	20,92	21,94	23,98	100,00
Apariencia general del agua del	11,22	17,60	20,66	24,23	26,28	100,00

estero después del impacto						
Criterios sobre manejo de los lixiviados del RS	7,14	10,71	26,79	30,61	24,74	100,00
Usos del agua del estero antes de la existencia del RS	37,50	39,03	12,50	5,36	5,61	100,00
Usos del agua del estero en la actualidad	4,59	6,12	15,05	39,54	34,69	100,00
PORCENTAJE CON RELACIÓN AL TOTAL POSIBLE (392 x 7) = 2744	13,92	17,27	19,02	23,98	25,80	100,00

Elaboración: El Autor.

En cuanto a la ubicación de la vivienda con respecto al estero, el 28% la consideró como “muy lejos”; el 22% como “muy cerca”, mientras que el 18% la estimó como cerca; el 19% como “ni cerca ni lejos” y; el 16% como “lejos”. Es decir, que el 40% opinó que dicha distancia podía catalogarse como de “muy lejos” a “lejos”, porcentaje que, aunque no mayoritario, sí presenta cierta significación, lo que implica la posibilidad de una incidencia negativa de la población cercana, en la calidad ambiental del estero.

a) Coloración del agua del estero

El 13% de los entrevistados percibe como muy satisfactoria la coloración del agua del estero, mientras que una proporción similar del 14%, la considera satisfactoria; el 19% estima que es medianamente satisfactoria. Un porcentaje aún mayor del 21% opina que es poco satisfactoria y esta cifra sube hasta el 33% de la muestra que coincide en que dicha turbidez es no satisfactoria.

Se interpreta que una minoría del 2% la considera de muy satisfactorio a satisfactorio. Asimismo, una mayoría del 54% coincide en que el color del agua del estero Tonto Mal es de poco a no satisfactorio, particularmente, después del impacto de los lixiviados del relleno sanitario de la ciudad.

b) Olor del agua del estero

El 10% de los entrevistados percibe como muy satisfactorio el olor del agua del estero, mientras que una proporción algo superior del 14%, lo considera satisfactorio; el 18% estima que es medianamente satisfactorio. Un porcentaje aún mayor del 26% opina que es poco satisfactorio y esta cifra aumenta hasta el 33% de la muestra que coincide en que dicho olor no es satisfactorio.

Se interpreta que una minoría del 24% lo considera de muy satisfactorio a satisfactorio. Así mismo, una mayoría del 58% coincide en que el olor del agua del estero Tonto Mal es de poco a no satisfactorio, particularmente, después del impacto de los lixiviados del relleno sanitario de la ciudad.

c) Turbidez del agua del estero

El 14% de los entrevistados percibe como muy satisfactoria la turbidez del agua del estero, mientras que una proporción mayor del 19%, la considera satisfactoria; el 21% estima que es medianamente satisfactoria. Un porcentaje aún mayor del 22% opina que es poco satisfactoria y esta cifra se incrementa hasta el 24% de la muestra que coincide en que dicha coloración no es satisfactoria.

Se interpreta que una minoría del 33% la considera de muy satisfactoria a satisfactoria. Asimismo, aunque no mayoría absoluta, una proporción significativamente alta del 46% coincide en que la turbidez del agua del estero Tonto Mal es de poco a no satisfactoria, particularmente, después del impacto de los lixiviados del relleno sanitario de la ciudad.

d) Apariencia general del agua del estero

El 11% de los entrevistados percibe como muy satisfactoria la apariencia general del agua del estero, mientras que una mayor proporción del 18%, la considera satisfactoria; el 21% estima que es medianamente satisfactoria. Un porcentaje aún mayor del 24% opina que es poco satisfactoria y esta cifra aumenta hasta el 26% de la muestra que coincide en que dicha turbidez es no satisfactoria.

Se interpreta que una minoría del 29% la considera de muy satisfactoria a satisfactorio. Asimismo, una mayoría del 51% coincide en que la apariencia general del agua del estero Tonto Mal es de poco a no satisfactoria, particularmente, después del impacto de los lixiviados del relleno sanitario de la ciudad.

e) Criterios sobre manejo de los lixiviados del RS

El 7% de los entrevistados percibe como muy satisfactorio al manejo de los lixiviados del relleno sanitario, mientras que una proporción algo mayor del 11%, lo considera satisfactorio; el 27% estima que es medianamente satisfactorio. Un porcentaje aún mayor del 31% opina que es poco satisfactorio y esta cifra disminuye hasta el 25% de la muestra que coincide en que dicho manejo no es satisfactorio.

Se interpreta que una minoría del 18% lo considera de muy satisfactorio a satisfactorio. Asimismo, una mayoría del 56% coincide en que el manejo de los lixiviados del relleno sanitario es de poco a no satisfactorio, particularmente, después del impacto de los lixiviados del relleno sanitario de la ciudad.

f) Usos del agua del estero antes de la existencia del RS

El 39% de los entrevistados percibe como muy satisfactorio el uso del agua del estero antes de la existencia del relleno sanitario, mientras que una proporción similar del 39%, lo considera satisfactorio; el 13% estima que es medianamente satisfactorio. Un porcentaje menor del 5% opina que es poco satisfactorio y esta cifra aproximadamente se mantiene (6% de la muestra) al coincidir en que dicho manejo no es satisfactorio.

Se interpreta que una mayoría del 77% lo considera de muy satisfactorio a satisfactorio. Asimismo, una minoría del 11% coincide en que el uso del agua del estero antes de la existencia del relleno sanitario es de poco a no satisfactorio, particularmente, después del impacto de los lixiviados del relleno sanitario de la ciudad.

g) Usos del agua del estero en la actualidad

El 14% de los entrevistados percibe como muy satisfactorio el uso del agua del estero en la actualidad, mientras que una proporción algo mayor del 17%, lo considera satisfactorio; el 19% estima que es medianamente satisfactorio. Un porcentaje aún mayor del 24% opina que es poco satisfactorio y esta cifra aumenta hasta el 26% de la muestra que coincide en que el uso del agua del estero ya no es satisfactorio.

Se interpreta que una minoría del 31% lo considera de muy satisfactorio a satisfactorio. Asimismo, una mayoría del 50% coincide en que el uso del agua del estero es de poco a no satisfactorio, particularmente, después del impacto de los lixiviados del relleno sanitario de la ciudad.

4.4. COMPROBACIÓN / DISPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La hipótesis de investigación planteaba que:

Los lixiviados producidos por los residuos sólidos del relleno de La Maná, influyen negativamente en la calidad de agua del estero “Tonto Mal”.

4.4.1. Resultados de los análisis de laboratorio

La Tabla 4.13 reorganiza los resultados medios de las tres muestras analizadas análisis de laboratorio de los parámetros indicadores de la contaminación considerados, para contrastarlos con los que estipula la normativa (última columna). Para cada parámetro se contrastará la hipótesis, tanto a 150 como a 200 m.

Según la distribución de la t de Student (muestras de pequeño tamaño):

Si μ_1 y μ_2 indican la media de la población de los valores medios obtenidos aguas arriba y abajo del impacto (descarga de lixiviados), contrastándose las hipótesis:

H₀: $\mu_1 = \mu_2$ y no hay diferencias significativas entre los valores de las concentraciones de los parámetros.

H₁: $\mu_1 \neq \mu_2$ y hay diferencias significativas entre ambas concentraciones.

Tabla 4.13. Resultados medios de las tres muestras analizadas

PARÁMETRO	RESULTADOS MEDIOS DE LAS CONCENTRACIONES					
	AGUAS ARRIBA		AGUAS ABAJO (150 m)		AGUAS ABAJO (200 m)	
	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
pH	7,12	-----	6,33	-----	6,68	-----
Oxígeno disuelto	6,55	0,40	5,87	0,39	5,21	0,42
SST	60	4,23	358	4,11	354	3,90
SDT	386	5,14	736	23,78	725	19,96
DBO ₅	3,54	0,27	6	0,41	5	0,47
Nitrógeno orgánico	1,95	0,16	32	2,90	29	2,45
Cloruros	9	0,75	300	12,14	267	14,58
Sulfatos	46	2,88	488	31,56	327	29,32
Hierro	0,47	0,02	7,46	0,81	5,77	0,63
Cromo	0,25	0,01	0,12	0,002	0,07	0,001
Níquel	0,31	0,02	1,02	0,11	0,93	0,086
Plomo	< 0,007	0,0006	0,018	0,002	0,012	0,001
Cinc	0,06	0,005	6,22	0,59	5,83	0,48
Cobre	0,04	0,0029	1,39	0,24	1,20	0,16

* Todas las unidades, con excepción del pH en mg/dm³

Elaboración: El Autor.

a) pH

No necesita de verificación puesto que los valores obtenidos caen dentro del rango normado.

b) Oxígeno disuelto

- 200 m aguas abajo

Bajo la hipótesis H_0 , $t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$ donde $\sigma = \sqrt{\frac{N_1 S_1^2 + N_2 S_2^2}{N_1 + N_2 - 2}}$

$$N_1 = N_2 = 3$$

$$v = N_1 + N_2 - 2 = 3 + 3 - 2 = 4 \text{ (Grados de libertad)}$$

$$\bar{X}_1 = 6,55$$

$$\bar{X}_2 = 5,21$$

$$S_1 = 0,40$$

$$S_2 = 0,42$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{3(0,40)^2 + 3(0,39)^2}{3 + 3 - 2}} \quad \sigma = 0,5023$$

$$t = \frac{6,55 - 5,87}{0,4838 \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{1}{3}}} \quad t = 4,0020$$

Considerando una prueba de dos colas (interesan ambos extremos del intervalo de la distribución de la "t" de Student, con un nivel de significación de 0,005; se aplica la regla de decisión: aceptar H_0 si $t > t_{0,992}$ cae dentro del intervalo $-4,60$ a $4,60$ (para 2 grados de libertad). Como $4,0020$ está dentro de dicho intervalo, se acepta H_0 y se rechaza H_1 a un nivel de significación del 0,995; es decir, al menos con un 99,5% de confianza. Así, la hipótesis de investigación, de que los lixiviados producidos por los residuos sólidos del relleno de La Maná, influyen

negativamente en la calidad de agua del estero “Tonto Mal”, no se verifica para el caso del oxígeno disuelto, a la distancia de 200 m aguas abajo del impacto.

- 150 m aguas abajo

Como el valor 6,55 es aún mayor que 5,87; se acepta H_0 , concluyéndose la disprobación de la hipótesis de investigación para el oxígeno disuelto a 150 m aguas abajo del punto de impacto.

c) Sólidos Suspendidos Totales

- 200 m aguas abajo

$$N_1 = N_2 = 3$$

$$v = 4$$

$$\bar{X}_1 = 60$$

$$\bar{X}_2 = 354$$

$$S_1 = 4,23$$

$$S_2 = 4,11$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{3(4,23)^2 + 3(4,11)^2}{3 + 3 - 2}} \qquad \sigma = 4,9827$$

$$t = \frac{60 - 354}{5,1077 \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{1}{3}}} \qquad t = -88,5153$$

Considerando una prueba de dos colas con un nivel de significación de 0,005; se aplica la regla de decisión: aceptar H_0 si $t > t_{0,995}$ cae fuera del rango $-4,60$ a $4,60$ (para 2 grados de libertad). Como $-88,5153$ está fuera de dicho intervalo, se rechaza H_0 y se acepta H_1 a un nivel de significación del 0,995; es decir, al menos con un 99,5% de confianza. Así, la hipótesis de investigación, de que los lixiviados producidos por los residuos sólidos del relleno de La Maná,

influyen negativamente en la calidad de agua del estero “Tonto Mal”, se verifica para el caso de los Sólidos Suspendidos Totales, a la distancia de 200 m aguas abajo del impacto.

- 150 m aguas abajo

Como el valor 358 mg/dm³ es aún mayor que 354 mg/dm³; se rechaza H₀, concluyéndose la aceptación de la hipótesis de investigación para los Sólidos Suspendidos Totales a 150 m aguas abajo del punto de impacto.

d) Sólidos Disueltos Totales

- 200 m aguas abajo

$$N_1 = N_2 = 3$$

$$v = 4$$

$$\bar{X}_1 = 386$$

$$\bar{X}_2 = 725$$

$$S_1 = 5,14$$

$$S_2 = 19,96$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{3(5,14)^2 + 3(19,96)^2}{3+3-2}} \qquad \sigma = 17,8498$$

$$t = \frac{386 - 725}{17,8498 \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{1}{3}}} \qquad t = -29,4150$$

Considerando una prueba de dos colas con un nivel de significación de 0,005; se aplica la regla de decisión: aceptar H₀ si $t > t_{0,995}$ cae fuera del rango -4,60 a 4,60 (para 2 grados de libertad). Como -29,4150 está fuera de dicho intervalo, se rechaza H₀ y se acepta H₁ a un nivel de significación del 0,995; es decir, al menos con un 99,5% de confianza. Así, la hipótesis de investigación,

de que los lixiviados producidos por los residuos sólidos del relleno de La Maná, influyen negativamente en la calidad de agua del estero “Tonto Mal”, se verifica para el caso de los Sólidos Disueltos Totales, a la distancia de 200 m aguas abajo del impacto.

- 150 m aguas abajo

Como el valor 736 mg/dm³ es aún mayor que 725 mg/dm³; se rechaza H₀, concluyéndose la aceptación de la hipótesis de investigación para los Sólidos Disueltos Totales a 150 m aguas abajo del punto de impacto.

e) Demanda Bioquímica de Oxígeno de 5 días

- 200 m aguas abajo

$$N_1 = N_2 = 3$$

$$v = 4$$

$$\bar{X}_1 = 3,54$$

$$\bar{X}_2 = 5,00$$

$$S_1 = 0,27$$

$$S_2 = 0,47$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{3(0,27)^2 + 3(0,47)^2}{3 + 3 - 2}} \quad \sigma = 0,4694$$

$$t = \frac{3,54 - 5,00}{0,4694 \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{1}{3}}} \quad t = -4,6659$$

Considerando una prueba de dos colas con un nivel de significación de 0,005; se aplica la regla de decisión: aceptar H₀ si $t > t_{0,995}$ cae fuera del rango -4,60 a 4,60 (para 2 grados de libertad). Como -4,6659 está fuera de dicho intervalo, se rechaza H₀ y se acepta H₁ a un nivel de significación del 0,995; es

decir, al menos con un 99,5% de confianza. Así, la hipótesis de investigación, de que los lixiviados producidos por los residuos sólidos del relleno de La Maná, influyen negativamente en la calidad de agua del estero “Tonto Mal”, se verifica para el caso de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de 5 días, a la distancia de 200 m aguas abajo del impacto.

- 150 m aguas abajo

Como el valor 6 mg/dm³ es aún mayor que 5 mg/dm³; se rechaza H₀, concluyéndose la aceptación de la hipótesis de investigación para la Demanda Bioquímica de Oxígeno de 5 días a 150 m aguas abajo del punto de impacto.

f) Nitrógeno orgánico

- 200 m aguas abajo

$$N_1 = N_2 = 3$$

$$v = 4$$

$$\bar{X}_1 = 1,95$$

$$\bar{X}_2 = 29,00$$

$$S_1 = 0,16$$

$$S_2 = 2,45$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{3(0,16)^2 + 3(2,45)^2}{3 + 3 - 2}} \qquad \sigma = 2,1263$$

$$t = \frac{1,95 - 29,00}{0,4694 \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{1}{3}}} \qquad t = -19,0845$$

Considerando una prueba de dos colas con un nivel de significación de 0,005; se aplica la regla de decisión: aceptar H₀ si $t > t_{0,995}$ cae fuera del rango -4,60 a 4,60 (para 2 grados de libertad). Como -19,0845 está fuera de dicho

intervalo, se rechaza H_0 y se acepta H_1 a un nivel de significación del 0,995; es decir, al menos con un 99,5% de confianza. Así, la hipótesis de investigación, de que los lixiviados producidos por los residuos sólidos del relleno de La Maná, influyen negativamente en la calidad de agua del estero "Tonto Mal", se verifica para el caso del Nitrógeno orgánico, a la distancia de 200 m aguas abajo del impacto.

- 150 m aguas abajo

Como el valor 32 mg/dm^3 es aún mayor que 29 mg/dm^3 ; se rechaza H_0 , concluyéndose la aceptación de la hipótesis de investigación para del Nitrógeno orgánico a 150 m aguas abajo del punto de impacto.

g) Cloruros

- 200 m aguas abajo

$$N_1 = N_2 = 3$$

$$v = 4$$

$$\bar{X}_1 = 9$$

$$\bar{X}_2 = 267$$

$$S_1 = 0,75$$

$$S_2 = 14,58$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{3(0,75)^2 + 3(14,58)^2}{3+3-2}} \quad \sigma = 12,6433$$

$$t = \frac{9 - 267}{12,6433 \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{1}{3}}} \quad t = -30,6120$$

Considerando una prueba de dos colas con un nivel de significación de 0,005; se aplica la regla de decisión: aceptar H_0 si $t > t_{0,995}$ cae fuera del rango $-4,60$ a $4,60$ (para 2 grados de libertad). Como $-30,6120$ está fuera de dicho intervalo, se rechaza H_0 y se acepta H_1 a un nivel de significación del 0,995; es decir, al menos con un 99,5% de confianza. Así, la hipótesis de investigación, de que los lixiviados producidos por los residuos sólidos del relleno de La Maná, influyen negativamente en la calidad de agua del estero "Tonto Mal", se verifica para el caso de los Cloruros, a la distancia de 200 m aguas abajo del impacto.

- 150 m aguas abajo

Como el valor 300 mg/dm^3 es aún mayor que 267 mg/dm^3 ; se rechaza H_0 , concluyéndose la aceptación de la hipótesis de investigación para los Cloruros a 150 m aguas abajo del punto de impacto.

h) Sulfatos

- 200 m aguas abajo

$$N_1 = N_2 = 3$$

$$v = 4$$

$$\bar{X}_1 = 46$$

$$\bar{X}_2 = 327$$

$$S_1 = 2,88$$

$$S_2 = 29,32$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{3(2,88)^2 + 3(29,32)^2}{3 + 3 - 2}}$$

$$\sigma = 25,5141$$

$$t = \frac{46 - 327}{25,5141 \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{1}{3}}}$$

$$t = -16,5220$$

Considerando una prueba de dos colas con un nivel de significación de 0,005; se aplica la regla de decisión: aceptar H_0 si $t > t_{0,995}$ cae fuera del rango $-4,60$ a $4,60$ (para 4 grados de libertad). Como $-16,5220$ está fuera de dicho intervalo, se rechaza H_0 y se acepta H_1 a un nivel de significación del 0,995; es decir, al menos con un 99,5% de confianza. Así, la hipótesis de investigación, de que los lixiviados producidos por los residuos sólidos del relleno de La Maná, influyen negativamente en la calidad de agua del estero "Tonto Mal", se verifica para el caso de los Sulfatos, a la distancia de 200 m aguas abajo del impacto.

- 150 m aguas abajo

Como el valor 488 mg/dm^3 es aún mayor que 327 mg/dm^3 ; se rechaza H_0 , concluyéndose la aceptación de la hipótesis de investigación para los Sulfatos a 150 m aguas abajo del punto de impacto.

i) Hierro

- 200 m aguas abajo

$$N_1 = N_2 = 3$$

$$v = 4$$

$$\bar{X}_1 = 0,47$$

$$\bar{X}_2 = 5,77$$

$$S_1 = 0,02$$

$$S_2 = 0,63$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{3(0,02)^2 + 3(0,63)^2}{3 + 3 - 2}}$$

$$\sigma = 0,5456$$

$$t = \frac{0,47 - 5,77}{0,5456 \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{1}{3}}}$$

$$t = -14,5653$$

Considerando una prueba de dos colas con un nivel de significación de 0,005; se aplica la regla de decisión: aceptar H_0 si $t > t_{0,995}$ cae fuera del rango $-4,60$ a $4,60$ (para 4 grados de libertad). Como $-14,5653$ está fuera de dicho intervalo, se rechaza H_0 y se acepta H_1 a un nivel de significación del 0,995; es decir, al menos con un 99,5% de confianza. Así, la hipótesis de investigación, de que los lixiviados producidos por los residuos sólidos del relleno de La Maná, influyen negativamente en la calidad de agua del estero "Tonto Mal", se verifica para el caso del Hierro, a la distancia de 200 m aguas abajo del impacto.

- 150 m aguas abajo

Como el valor $7,46 \text{ mg/dm}^3$ es aún mayor que $5,77 \text{ mg/dm}^3$; se rechaza H_0 , concluyéndose la aceptación de la hipótesis de investigación para el Hierro a 150 m aguas abajo del punto de impacto.

j) Cromo

- 200 m aguas abajo

$$N_1 = N_2 = 3$$

$$v = 4$$

$$\bar{X}_1 = 0,25$$

$$\bar{X}_2 = 0,12$$

$$S_1 = 0,01$$

$$S_2 = 0,001$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{3(0,01)^2 + 3(0,001)^2}{3 + 3 - 2}}$$

$$\sigma = 0,0087$$

$$t = \frac{0,25 - 0,12}{0,0087 \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{1}{3}}}$$

$$t = -22,4072$$

Considerando una prueba de dos colas con un nivel de significación de 0,005; se aplica la regla de decisión: aceptar H_0 si $t > t_{0,995}$ cae fuera del rango $-4,60$ a $4,60$ (para 2 grados de libertad). Como $-14,5653$ está fuera de dicho intervalo, se rechaza H_0 y se acepta H_1 a un nivel de significación del 0,995; es decir, al menos con un 99,5% de confianza. Así, la hipótesis de investigación, de que los lixiviados producidos por los residuos sólidos del relleno de La Maná, influyen negativamente en la calidad de agua del estero "Tonto Mal", no se verifica para el caso del Cromo, a la distancia de 200 m aguas abajo del impacto. Obsérvese que en este caso, el razonamiento de aceptación y rechazo se invierte, debido a que la concentración de Cromo aguas abajo del punto de impacto es menor que aguas arriba.

- 150 m aguas abajo

Como el valor $0,07 \text{ mg/dm}^3$ es aún menor que $0,12 \text{ mg/dm}^3$; se rechaza H_0 , concluyéndose la no aceptación de la hipótesis de investigación para el Cromo a 150 m aguas abajo del punto de impacto.

k) Níquel

- 200 m aguas abajo

$$N_1 = N_2 = 3$$

$$v = 4$$

$$\bar{X}_1 = 0,31$$

$$\bar{X}_2 = 0,93$$

$$S_1 = 0,02$$

$$S_2 = 0,086$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{3(0,02)^2 + 3(0,086)^2}{3 + 3 - 2}}$$

$$\sigma = 0,0765$$

$$t = \frac{0,31 - 0,93}{0,0765 \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{1}{3}}} \qquad t = -12,1635$$

Considerando una prueba de dos colas con un nivel de significación de 0,005; se aplica la regla de decisión: aceptar H_0 si $t > t_{0,995}$ cae fuera del rango $-4,60$ a $4,60$ (para 4 grados de libertad). Como $-12,1635$ está fuera de dicho intervalo, se rechaza H_0 y se acepta H_1 a un nivel de significación del 0,995; es decir, al menos con un 99,5% de confianza. Así, la hipótesis de investigación, de que los lixiviados producidos por los residuos sólidos del relleno de La Maná, influyen negativamente en la calidad de agua del estero "Tonto Mal", se verifica para el caso del Níquel, a la distancia de 200 m aguas abajo del impacto.

- 150 m aguas abajo

Como el valor $1,02 \text{ mg/dm}^3$ es aún mayor que $0,93 \text{ mg/dm}^3$; se rechaza H_0 , concluyéndose la aceptación de la hipótesis de investigación para el Níquel a 150 m aguas abajo del punto de impacto.

l) Plomo

- 200 m aguas abajo

$$N_1 = N_2 = 3$$

$$v = 4$$

$$\bar{X}_1 = 0,007$$

$$\bar{X}_2 = 0,012$$

$$S_1 = 0,0006$$

$$S_2 = 0,001$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{3(0,0006)^2 + 3(0,001)^2}{3 + 3 - 2}} \qquad \sigma = 0,0010$$

$$t = \frac{0,007 - 0,012}{0,0010 \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{1}{3}}} \qquad t = -7,4268$$

Considerando una prueba de dos colas con un nivel de significación de 0,005; se aplica la regla de decisión: aceptar H_0 si $t > t_{0,995}$ cae fuera del rango $-4,60$ a $4,60$ (para 4 grados de libertad). Como $-7,4268$ está fuera de dicho intervalo, se rechaza H_0 y se acepta H_1 a un nivel de significación del 0,995; es decir, al menos con un 99,5% de confianza. Así, la hipótesis de investigación, de que los lixiviados producidos por los residuos sólidos del relleno de La Maná, influyen negativamente en la calidad de agua del estero "Tonto Mal", se verifica para el caso del Plomo, a la distancia de 200 m aguas abajo del impacto.

- 150 m aguas abajo

Como el valor $0,018 \text{ mg/dm}^3$ es aún mayor que $0,012 \text{ mg/dm}^3$; se rechaza H_0 , concluyéndose la aceptación de la hipótesis de investigación para el Plomo a 150 m aguas abajo del punto de impacto.

m) Cinc

- 200 m aguas abajo

$$N_1 = N_2 = 3$$

$$v = 4$$

$$\bar{X}_1 = 0,06$$

$$\bar{X}_2 = 5,83$$

$$S_1 = 0,005$$

$$S_2 = 0,48$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{3(0,005)^2 + 3(0,48)^2}{3 + 3 - 2}} \qquad \sigma = 0,4157$$

$$t = \frac{0,06 - 5,83}{0,4157 \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{1}{3}}} \qquad t = -20,8216$$

Considerando una prueba de dos colas con un nivel de significación de 0,005; se aplica la regla de decisión: aceptar H_0 si $t > t_{0,995}$ cae fuera del rango $-4,60$ a $4,60$ (para 4 grados de libertad). Como $-20,8216$ está fuera de dicho intervalo, se rechaza H_0 y se acepta H_1 a un nivel de significación del 0,995; es decir, al menos con un 99,5% de confianza. Así, la hipótesis de investigación, de que los lixiviados producidos por los residuos sólidos del relleno de La Maná, influyen negativamente en la calidad de agua del estero "Tonto Mal", se verifica para el caso del Plomo, a la distancia de 200 m aguas abajo del impacto.

- 150 m aguas abajo

Como el valor $6,22 \text{ mg/dm}^3$ es aún mayor que $5,83 \text{ mg/dm}^3$; se rechaza H_0 , concluyéndose la aceptación de la hipótesis de investigación para el Plomo a 150 m aguas abajo del punto de impacto.

n) Cobre

$$N_1 = N_2 = 3$$

$$v = 4$$

$$\bar{X}_1 = 0,04$$

$$\bar{X}_2 = 1,20$$

$$S_1 = 0,0029$$

$$S_2 = 0,16$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{3(0,005)^2 + 3(0,48)^2}{3 + 3 - 2}} \qquad \sigma = 0,1386$$

$$t = \frac{0,06 - 5,83}{0,1386 \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{1}{3}}} \qquad t = -12,5566$$

Considerando una prueba de dos colas con un nivel de significación de 0,005; se aplica la regla de decisión: aceptar H_0 si $t > t_{0,995}$ cae fuera del rango $-4,60$ a $4,60$ (para 4 grados de libertad). Como $-12,5566$ está fuera de dicho intervalo, se rechaza H_0 y se acepta H_1 a un nivel de significación del 0,995; es decir, al menos con un 99,5% de confianza. Así, la hipótesis de investigación, de que los lixiviados producidos por los residuos sólidos del relleno de La Maná, influyen negativamente en la calidad de agua del estero “Tonto Mal”, se verifica para el caso del Plomo, a la distancia de 200 m aguas abajo del impacto.

- 150 m aguas abajo

Como el valor $1,39 \text{ mg/dm}^3$ es aún mayor que $1,20 \text{ mg/dm}^3$; con mayor razón se rechaza H_0 , concluyéndose la aceptación de la hipótesis de investigación para el Plomo a 150 m aguas abajo del punto de impacto.

4.4.2. Resultados de la entrevista

Para la aceptación o rechazo de la misma, se emplearon, para los datos obtenidos en la entrevista poblacional, la distribución normal, relativa a la teoría de las muestras de tamaño grande. Para la facilitación de los cálculos se elaboró la Tabla 4.13, con el resumen de frecuencias – respuestas para cada indicador. Se consideraron las siguientes hipótesis:

H_1 : $p > 0,5$ y la suma de las frecuencias “Poco Satisfactorio” + “No Satisfactorio”, indicativa de negativa percepción ciudadana, es significativamente mayor que la correspondiente a la suma de las frecuencias “Muy Satisfactorio” + “Satisfactorio”, que implica positividad en la percepción ciudadana sobre el problema de los lixiviados y la calidad de las aguas del estero “Tonto Mal”.

H_0 : $p = 0,5$ y la suma de las frecuencias “Poco Satisfactorio” + “No Satisfactorio”, no es significativamente mayor que el conjunto de opciones “Poco Satisfactorio” + “No Satisfactorio”.

Tabla 4.14. Resumen de frecuencias – respuestas agrupadas para cada indicador

INDICADOR	MS + S	PS + NS
Coloración del agua del estero después del impacto	108	209
Olor del agua del estero después del impacto	93	228
Turbidez del agua del estero después del impacto	130	180
Apariencia general del agua del estero después del impacto	113	198
Criterios sobre manejo de los lixiviados del RS	70	217
Usos del agua del estero antes de la existencia del RS	300	43
Usos del agua del estero en la actualidad	42	291
TOTAL DE FRECUENCIAS	856	1366
Probabilidad	0,39	0,61
MEDIA	94	101,14
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	37,79	35,84

Elaboración: El Autor.

Para un nivel de significación de 0,002, implicativo de un 99,8% de confianza, el estadígrafo $Z = 2,88$, para una prueba de una cola, ya que es de interés el extremo positivo del estadígrafo distribución normal. La regla de decisión:

- (1) Se cumple H_1 si $Z > 2,88$, en cuyo caso se rechaza H_0 .
- (2) De lo contrario, H_0 es aceptada.

Entonces la media (μ) y la desviación estándar (σ) son:

$$N = 856 + 1\ 366 = 2\ 222$$

$$p = 0,5 \text{ y } q = 1 - p = 0,5$$

$$\mu = N p = (2222)(0,5) = 1111$$

$$\sigma = \sqrt{Npq} = \sqrt{(1121)(0,5)(0,5)} = 16,67$$

Y 119 en unidades estándar es $\frac{1366-1111}{13,30} = 19,17 > 2,88$

Por lo que se acepta H_1 , rechazándose H_0 y se concluye que, con un 99,8% de confianza, se puede asegurar que la población urbana de la ciudad de La Maná considera que el manejo de los lixiviados del relleno sanitario municipal, causa no conformidades ambientales en el agua del estero "Tonto Mal", lo que limita sus usos.

4.5. CONCLUSIÓN PARCIAL

Con excepción del pH, la concentración oxígeno disuelto a la temperatura de la corriente de agua y, la concentración de cromo, los lixiviados del relleno sanitario, provocan incrementos en las concentraciones de los parámetros indicadores de la contaminación analizados. La percepción ciudadana consideró la presencia de negatividades ambientales en la relación manejo de lixiviados / calidad del agua del estero.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- a) Se determinaron las características químicas de lixiviados del relleno de residuos sólidos, resultando el pH, el único parámetro indicador de la contaminación, que entre los analizados, estuvo dentro del intervalo no crítico. El Oxígeno disuelto, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Disueltos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno de 5 días, Nitrógeno orgánico, Cloruros, Sulfatos y, los metales pesados Hierro, Cromo, Níquel, Plomo, Cinc y Cobre, mostraron valores de concentración causantes de contaminación en el agua del estero “Tonto Mal”, donde son descargados.
- b) El proceso de manejo de lixiviados es prácticamente inexistente, puesto que sólo son almacenados en un reservorio o piscina, sin impermeabilización ni diseño técnico apropiado, según un tiempo de retención hidráulico que permita la digestión anaerobia del líquido.
- c) La calidad de agua del estero “Tonto Mal” aguas arriba del punto de impacto, presentó concentraciones de contaminantes como pH, Oxígeno disuelto, Sulfatos, y, Plomo por debajo de los límites superiores normados para agua de consumo humano. Sin embargo, el resto de parámetros no cumple con esta condición, a saber, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Disueltos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno de 5 días, Nitrógeno orgánico, Cloruros, Hierro, Cromo y, Níquel; esto se debe a que las muestras tomadas 200 metros aguas arriba del punto de descarga, coinciden con el extremo superior del botadero de residuos sólidos; se considera que parte de los lixiviados contaminan las aguas del estero. Aguas abajo del punto de descarga, con excepción del pH, todos los demás indicadores de la contaminación mostraron cifras de concentración, por sobre los límites superiores normados para agua de consumo humano y, el Oxígeno disuelto, por debajo.

- d) La hipótesis de investigación que establecía que los lixiviados producidos por los residuos sólidos del relleno de La Maná, influyen negativamente en la calidad de agua del estero “Tonto Mal”, quedó aceptada con suficiente niveles de confianza, tanto analíticamente como cualitativamente a través de la percepción ciudadana y, todo esto debido, principalmente al deficiente manejo de los lixiviados producidos en el relleno sanitario de desechos sólidos.

5.2. RECOMENDACIONES

- a) Desestimar el actual reservorio (piscina) de lixiviados.
- b) Investigar problemas sanitarios y ambientales al entorno, en los recursos naturales y al personal que labora en el lugar.
- c) Observar medidas de protección e higiene del trabajo en el manejo del relleno y de los lixiviados que se generan.
- d) Aplicar una propuesta de planta de tratamiento para el manejo de los lixiviados del relleno de residuos sólidos del cantón La Maná provincia de Cotopaxi.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA ALTERNATIVA

6.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA

Planta de tratamiento de los lixiviados del relleno de residuos sólidos de La Maná, provincia de Cotopaxi.

6.2. JUSTIFICACIÓN

La propuesta de planta de tratamiento para el manejo ambientalmente satisfactorio de los lixiviados del relleno de residuos sólidos de La Maná, provincia de Cotopaxi, propiciará un incremento de la calidad del agua del estero "Tonto Mal", una de las principales y en ocasiones única fuente de agua, supuestamente potable, de una parte significativa de la población de la ciudad.

Independientemente de que deberá estudiarse las fuentes de contaminación del agua del estero, aguas arriba de la descarga de lixiviados, así como la forma de evitar esta contaminación y, de esta forma acercar la calidad del agua, a la normada para el preciado líquido para consumo humano.

Precisamente, la población de La Maná será la mayor beneficiada con la aplicación de la propuesta, al lograrse el incremento de la calidad del agua del estero, asemejándose a la correspondiente para el consumo humano.

6.3. FUNDAMENTACIÓN

La propuesta se fundamenta en que la BBO_5 de los lixiviados promedia unos 8 358 mg/dm³, lo que implica la necesidad de un proceso anaerobio para reducir la carga orgánica afluyente de cualquier proceso posterior, sobre todo si este es aerobio, como se propondrá.

Una vez bajada la carga orgánica, habrá fundamentos para proponer un proceso aerobio, en este caso, un sistema de lodos activados, con su

correspondiente sedimentador secundario, justificándose a continuación un sistema de intercambio catiónico que maneje apropiadamente los metales pesados disueltos en el líquido lixiviado.

6.4. OBJETIVOS

6.4.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de tratamiento para el manejo de los lixiviados del relleno de residuos sólidos de La Maná, provincia de Cotopaxi.

6.4.2. Objetivos específicos

- a) Establecer actividades para el dimensionamiento de digestor anaerobio.
- b) Determinar el dimensionamiento del sistema de lodos activados incluyendo al sedimentador secundario.

6.5. IMPORTANCIA

Es ampliamente conocida la importancia del agua, particularmente la que se destina al consumo humano. Las organizaciones internacionales relacionadas con la salud humana han estado enfocando una elevada proporción de sus recursos y esfuerzos a referir, investigar y proponer todo lo relacionado con la calidad del agua que utilizan los seres humanos, ya sea para su ingestión, preparación de alimentos y otros elementos asociados a su utilización.

Se supone que toda comunidad tenga a su disposición agua potable, sin embargo, en muchas ocasiones, y esta es una de ellas, el líquido de que disponen no lo es, existiendo una brecha, en sentido general, entre los valores de parámetros que caracterizan al agua efluente del proceso de potabilización y, la realidad de la que se dispone.

Es por ello, que como principal condicionante de la salud humana, la calidad del agua de consumo humano, reviste una importancia demasiado preponderante, por sobre otros aspectos que intervienen en el estado de salud de la población.

6.6. UBICACIÓN SECTORIAL Y FÍSICA

La propuesta se ubica en el sector de Manguila, perteneciente a la parroquia y Cantón La Mana y se localiza al Sur – Oeste de la en la provincia de Cotopaxi, según las coordenadas: Norte 9889410 / 9907830 y Este 694730 / 722580. Se encuentra a 3,5 kilómetros al Norte del centro de la ciudad. El acceso de emplazamiento del relleno sanitario se encuentra en la vía que conduce a San Antonio de Manguila.

6.7. FACTIBILIDAD

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de La Maná ha demostrado su interés en la solución de la problemática planteada en la investigación, colaborando en todo momento con la misma y, manifestando su interés en una propuesta factible, que permita destinar parte del presupuesto en su implementación.

Más adelante, una vez realizado el dimensionamiento de los dispositivos para el tratamiento, se elaborará un estimado de costos relacionados con la consecución de lo que se propone.

6.8. PLAN DE TRABAJO

El Plan de Trabajo que coadyuva la implementación de la propuesta consta de tres actividades, que son: dimensionamiento del digestor anaerobio, dimensionamiento del tanque de aireación y dimensionamiento del sedimentador secundario. Una vez realizados dichos dimensionamientos, serán

propuestos a las Autoridades municipales para su implementación y puesta en marcha.

6.9. ACTIVIDADES

6.9.1. Dimensionamiento del digester anaerobio

Los valores de los coeficientes cinéticos más empleados en el diseño de la digestión anaerobia de aguas residuales con alta carga orgánica se muestran en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1. Coeficientes cinéticos más usuales para la digestión anaerobia de aguas residuales con alta carga orgánica

COEFICIENTE	UNIDADES	VALORES ¹	
		RANGO	TÍPICO
K	d^{-1}	0,5 – 2,0	1,0
K_S	mg DQO/dm ³	500 – 2 500	1 500
Y	mg SSV/mg DQO	0,05 – 0,15	0,1
K_d	d^{-1}	0,02 – 0,05	0,03

Fuente: Crites, R. y Tchobanoglous, G. (2002).

Teniendo en cuenta los valores de las constantes k , k_d y Y , se calcula el tiempo medio de retención celular, θ_C^M :

$$k = 1,0 \text{ d}^{-1}$$

$$Y = 0,1 \text{ mg SSV/mg DQO}$$

$$k_d = 0,03 \text{ d}^{-1}$$

$$Q = 1,57 \text{ m}^3/\text{d} \text{ (medido y reportado anteriormente)}$$

$$\theta_C^M = k Y - k_d$$

$$\frac{1}{\theta_c^M} = (1,0 d^{-1})(0,1) - 0,03 d^{-1}$$

$$\frac{1}{\theta_c^M} = 0,07 d^{-1}$$

$$\theta_c^M = 14,29 d$$

Si se toma un factor de seguridad de 1,1; el tiempo de retención hidráulico es:

$$\theta_d = (14,29 d)(1,1)$$

$$\theta_d = 15,72 d$$

El volumen del digester anaerobio sería:

$$V = Q \cdot \theta_d$$

$$V = \left(1,57 \frac{m^3}{d}\right) (15,72 d)$$

$$V = 24,68 m^3$$

Si se construye de forma cilíndrica, sus dimensiones serían, para un diámetro de 2,5 m:

$$V = \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4}\right) h$$

$$h = \frac{4 \cdot 24,68 m^3}{\pi (2,5^2 m^2)}$$

$$h = 5,03 m$$

Es decir, que el digester anaerobio para los lixiviados crudos sería un tanque cilíndrico circular recto de 3 m de diámetro de la base y de 3,49 m de altura, ambas medidas interiores, como se muestra en la Figura 6.1. Tendrá un costo de 4 350 USD, que incluye la construcción de hormigón armado, así como las instalaciones hidráulicas y eléctricas.

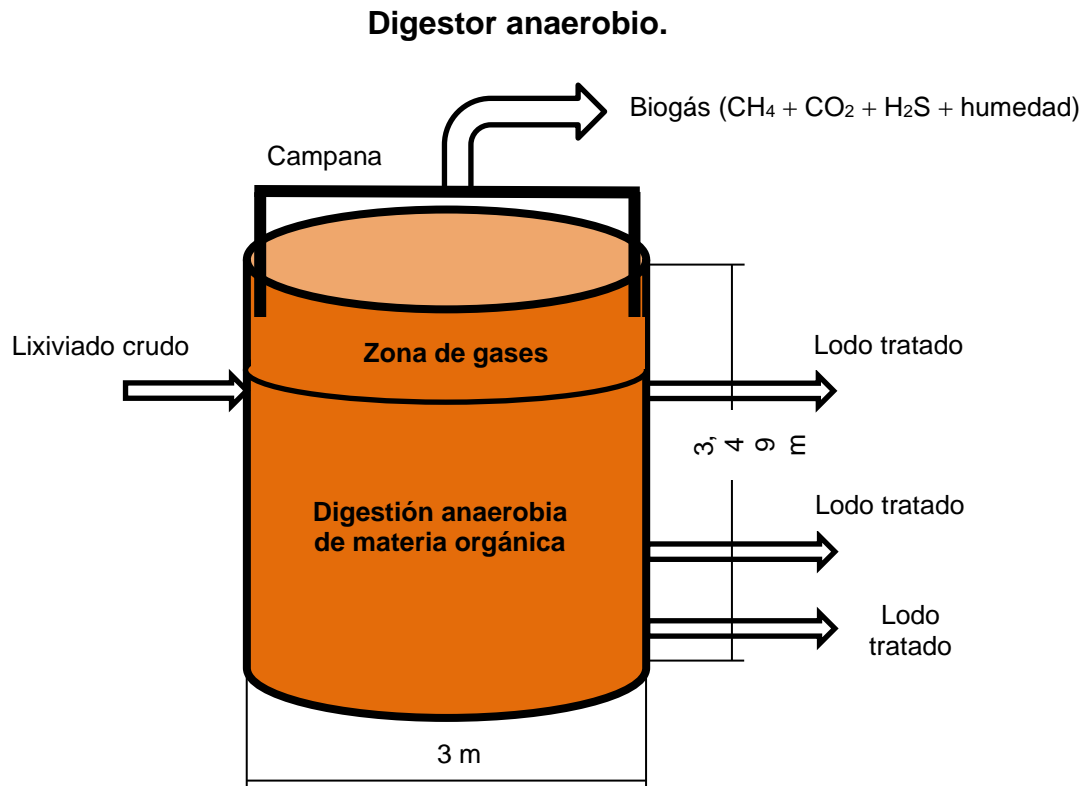


Figura 6.1. Esquema del digestor anaerobio.

Con estos parámetros de diseño, el digestor propiciará una reducción de la DBO₅ del 60%, es decir, desde 8 358 hasta 5 015 mg/dm³.

6.9.2. Dimensionamiento del tanque de aireación

El volumen del tanque se calcula a través de una ecuación basada en una cinética de primer orden para la eliminación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno soluble y carbonácea:

$$V = \frac{\theta_c Q_0 Y(S_0 - S)}{X(1 + K_d \theta_c)}$$

Donde:

V = Volumen del tanque de aireación.

θ_c = Tiempo medio de retención celular = 10 d.

Q_0 = Caudal del afluente residual a tratar = 4,36 m³/d.

Y = Fracción de sustrato convertida en biomasa = 0,6 mg/mg.

S_0 = Concentración del afluente, como DBO₅ = 1,8 kg/m³ (considerando la dilución)

S = Concentración del sustrato que sale del reactor aireador = 0,03 kg/m³.

X = Concentración de sólidos suspendidos volátiles del licor mezclado en el reactor (SSVLM) = 2,25 kg/m³.

K_d = Coeficiente de mortalidad endógeno = 0,57 d⁻¹.

Para un proceso de lodo activado convencional se toman en cuenta los valores de los parámetros de diseño que se presentan en la Tabla 6.2.

Tabla 6.2. Datos de diseño para tanques de aireación en sistemas de lodo activados.²¹

TIPO DE PROCESO	θ_c (día)	Y mg/mg	X kg/m ³	S ₀ kg/m ³	S kg/m ³	K _d días ⁻¹
Convencional	5-15	0,4-0,8	1,5-3	0,2-1,8	0,01	0,04-0,075
Reactor de Mezcla Completa	5-15	0,4-0,8	0,2-1,8	0,2-1,8	0,01	0,04-0,075

Fuente: Crites, R. y Tchobanoglous, G. (2002).

Considerando que los sistemas de lodos activados que se tratan soportan una concentración de DBO₅ máxima de 1,8 kg/m³, es decir 1800 mg/dm³, se diluyen los 1,57 m³/d hasta 4,36 m³/d, con la adición de 2,79 m³/d de agua.

²¹ Crites, R y Tchobanoglous, G. 2002. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Ed. McGraw – Hill, New York, USA.

Entonces para un sistema convencional,

$$V_{Efectivo} = \frac{10 d(0,6 \text{ mg/mg})(4,36 \text{ m}^3/d)(1,8 - 0,03) \text{ kg/m}^3}{2,25 \text{ kg/m}^3 [1 + (0,57 \text{ d}^{-1})(10 d)]}$$

$$V_{Efectivo} = 13,11 \text{ m}^3 \approx 14 \text{ m}^3$$

Teniendo en cuenta una seguridad del 20%, se necesita dimensionar un tanque, por ejemplo, cilíndrico circular recto de 17 m³ de volumen:

$$V_{Total} = 14 \text{ m}^3 + 0,2(14 \text{ m}^3)$$

$$V_{Total} = 16,8 \text{ m}^3 \approx 17 \text{ m}^3$$

$$V_{Cilindro\ circular\ recto} = \pi (\text{radio}^2)h$$

Suponiendo un radio de la base de 1,5 m, la altura (h) del tanque sería:

$$h = \frac{V_{Cilindro\ circular\ recto}}{\pi (\text{radio}^2)}$$

$$h = \frac{17 \text{ m}^3}{\pi (1,5 \text{ m})^2}$$

$$h = 2,41 \text{ m}$$

Con respecto al cálculo de las necesidades de aireación, se determinan los kg de Oxígeno diarios, y considerando que el aire tiene aproximadamente un 20% de este, al considerar el peso específico del aire a 28 °C es 0,937 kg/dm³, se determina el volumen de aire a inyectar por día en el tanque de aireación:

$$\text{kg } O_2/d = \frac{Q (S_0 - S)}{f} - 1,42 P_x$$

Donde:

f = Factor de conversión de DBO₅ a DBO_L = 0,68

P_x = Cantidad de sólidos purgados por día

$$P_x = (X)(Q)$$

X = Concentración de Sólidos Biológicos producidos

$$X = \frac{Y(S_0 - S)}{1 + K_d \theta_c}$$

$$X = \frac{0,6 \text{ mg/mg} (1,8 - 0,03) \text{ kg/m}^3}{1 + 0,57 \text{ d}^{-1} (10 \text{ d})}$$

$$X = 0,68 \text{ kg/m}^3$$

Entonces,

$$P_x = (0,68 \text{ kg/m}^3) (4,36 \text{ m}^3/\text{d})$$

$$P_x = 2,96 \text{ kg/d}$$

$$\text{Flujo másico } O_2 = \frac{4,36 \text{ m}^3/\text{d} (1,8 - 0,03) \text{ kg/m}^3}{0,68} - 1,42 (2,96 \text{ kg/d})$$

$$\text{Flujo másico } O_2 = 4,20 \text{ kg } O_2/\text{d}$$

Como el aire contiene un 20% de O_2 , el flujo másico de aire es

$$\text{Flujo másico Aire} = 4,20 \frac{\text{kg } O_2}{\text{d}} \left(\frac{100}{20} \right)$$

$$\text{Flujo másico Aire} = 21 \text{ kg aire/d}$$

Como el peso específico del aire a 28 °C es de 0,937 kg/dm³, a presión normal, se calcula el flujo volumétrico de aire necesario como:

$$\text{Flujo volumétrico Aire} = \frac{21 \text{ kg aire/d}}{0,937 \text{ kg aire/dm}^3}$$

$$\text{Flujo volumétrico Aire} = 22,41 \text{ dm}^3/\text{d}$$

El tanque de aireación, tendrá un costo estimado de 4 460 USD, incluyendo al hormigón armado, instalaciones hidráulicas, eléctricas, así como las facilidades de aireación.

6.9.3. Dimensionamiento del sedimentador secundario

- Para una carga de superficial, CS , punta o máxima, de 1,695 – 2,035 $m^3/m^2 \cdot h$, el área del sedimentador (A_S) se calcula como

$$1,695 \frac{m^3}{m^2 \cdot d} = \frac{4,36 \frac{m^3}{d}}{A_{Sedimentación}}$$

$$A_{Sedimentación} = 2,57 m^2$$

Asumiendo una altura o profundidad del dispositivo de 3,6 m, Tchobanoglous (1988) y sección cuadrada, se obtiene el dimensionamiento de un tanque de sedimentación secundaria de:

$$Lado \ del \ cuadrado = \sqrt{2,57 m^2}$$

$$Lado \ del \ cuadrado = 1,60 m$$

Con una altura de sedimentación de 3,6 m según Tchobanoglous (1988) debe estar entre 3,6 y 6,0 m. Entonces el volumen efectivo del equipo de sedimentación es

$$V_S = 2,57 m^2 \cdot 3,60 m$$

$$V_S = 9,25 m^3$$

El tiempo de retención hidráulico en el sedimentador secundario sería:

$$TRH_{Sedimentador} = \frac{9,25 m^3}{4,36 \frac{m^3}{d}}$$

$$TRH_{Sedimentador} = 2,12 d = 50,92 h \approx 52 h$$

Esto implica un tiempo de sedimentación suficientemente grande como para que todas las partículas de interés se dirijan al fondo del tanque, antes de su salida del mismo.²²

En la Figura 6.2 se esquematiza al sedimentador secundario, mismo que tendrá un costo estimado de 2 700 USD entre el hormigón armado, tuberías, válvulas e instalaciones hidráulicas y eléctricas, en general.

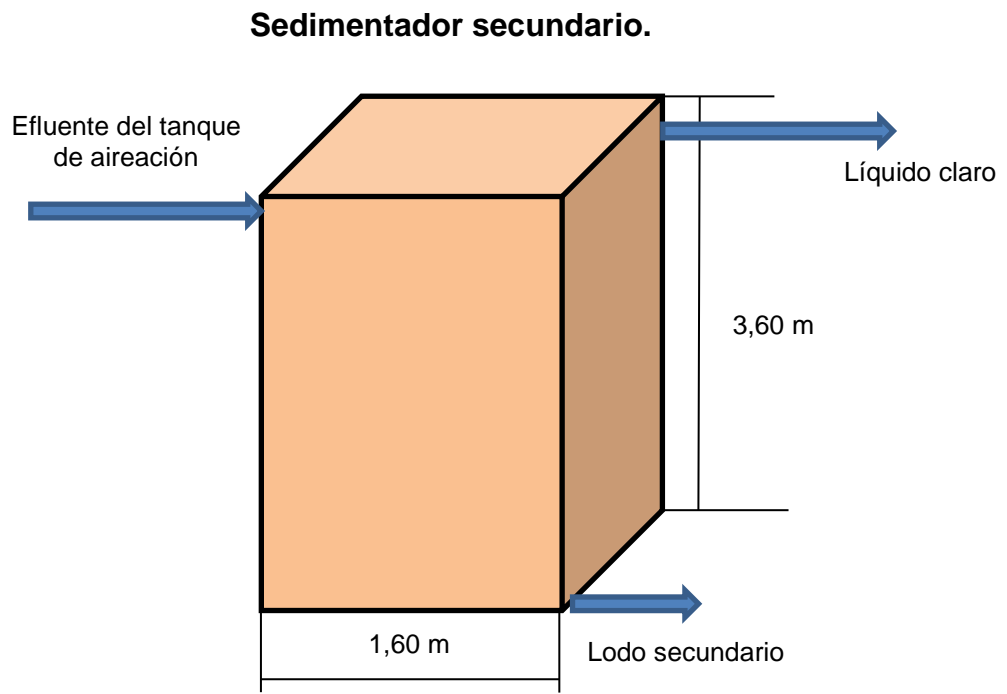


Figura 6.2. Sedimentador secundario.

6.10. RECURSOS

Los recursos necesarios deberán ser cubiertos por el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón La Maná y la suma total asciende a la cantidad de 11 510,00 USD.

²² Tchobanoglous, G. 1988. Filtration treated Wastewater Effluent. Presented at the 61st Annual Conference of the WPCF, Dallas, Texas.

6.11. IMPACTO

Una vez aplicada la propuesta se producirá un impacto social positivo, en tanto y en cuanto la población que se sirve de agua para consumo proveniente del estero “Tonto Mal”, contará con el líquido de calidad significativamente mayor, particularmente en la que se localiza aguas debajo de la descarga de lixiviados.

Ya se ha establecido que el agua es uno de los principales determinantes de la salud humana y animal, por lo que se producirá una reducción apreciable de enfermedades, sobre todo de origen entérico por bacterias patógenas, parásitos y otros organismos.

Asimismo, los metales pesados sedimentarán arrastrados por los flóculos, lo que implica la reducción significativa del efecto de los mismos a la salud, tanto al consumir el agua, como al ingerir las cosechas con ella regadas. Esto también es causal de la no utilización de los lodos secundarios como fuente de abono orgánico, como comúnmente se hace, sino que habrá que disponerlos apropiadamente.

6.12. EVALUACIÓN

La evaluación de la propuesta, una vez aplicada y puesta en marcha, se realizará mediante los análisis de laboratorio a muestras representativas del líquido claro efluente del sedimentador secundario. Se compararán los resultados con los que se obtengan con muestras aguas arriba y abajo del punto de impacto, estableciéndose el no perjuicio de la calidad del agua del estero por la presencia de lixiviados del relleno sanitario de la ciudad de La Maná.

BIBLIOGRAFÍA

Barba, L. E. 2002. *Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición.*

Centro Nacional de Estadísticas de Santiago de Chile (CIENES). (1990). *Cálculo de muestras a partir de poblaciones finitas.*

Crites, R y Tchobanoglous, G. 2002. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Ed. McGraw – Hill, New York, USA.

Environment Agency. S/F. *Science report Improved definition of leachate term from landfills.* Science Report P1-494/SR1

Hernández, M. J. (2011). *Alternativas Tecnológicas para el Manejo de Lixiviados.* XIII Congreso Nacional y IV Internacional de Servicios Públicos y TIC. Muestra Empresarial, Tecnológica y Financiera.

<http://www.ingenierosinc.com/2008/07/31/que-es-un-relleno-sanitario/>

http://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n_La_Man%C3%A1#Caracter%C3%ADsticas_demogr%C3%A1ficas

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Presidencia de la República del Ecuador. Quito, Ecuador.

Metcalf and Eddy Inc. 1995. Wastewater Engineering Treatment and Reuse.

Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2014. MAE y Municipio de Muisne coordinan acciones para una gestión responsable de desechos sólidos.

- Mise, M.P. 2010. Los desechos sólidos y su incidencia en la calidad ambiental de la comunidad Vaquería, parroquia Zumbahua, provincia de Cotopaxi.
- Molina, J. A. 2010. Caracterización de los lixiviados del relleno sanitario Chapte, de la ciudad de Azogues. Propuesta alternativa de tratamiento.
- Petri, M. y Russo, H. 2005. *Tratamiento de Lixiviados de Residuos Sólidos Urbanos con Macrofitas Acuáticas.*
- Ramalho, E. 1993. *Tratamiento de Agua Residuales.*
- Ramírez, G. G. 2005. *Cuencas hídricas.*
- Reyes, L. M. (2011). *Diagnóstico de la situación actual de la gestión integral de los residuos sólidos de la ciudad de Pisco y desarrollo de una estrategia para el cierre de botadero de San Luis e implementación del relleno sanitario de Pampas de Oca.*
- Snoeyink, V. L. y Jenkins, D. 1999. *Química del Agua.*
- Spiegel, M. R. 2000. *Teoría y problemas de Estadística.*
- Tchobanoglous, G. 1988. Filtration treated Wastewater Effluent.
- Tchobanoglous, G. 1993. *Integrated Solid Waste Management, engineering. Principles and Management Issues.*
- Tchobanoglous, G. y Otros. 1993. *Gestión integral de residuos sólidos.*
- Trejo, R. 1999. *Procesamiento de la Basura Urbana.*

Vidal, A. 2010. *Recolector de Residuos Sólidos Urbanos de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra.*

Wikipedia. 2014. Cantón La Maná

ANEXOS

ANEXO 1

GUÍA DE ENTREVISTA APLICADA A LA MUESTRA POBLACIONAL

Estimado(a) ciudadano(a) de la ciudad de La Maná, la presente entrevista tiene como propósito principal medir la percepción de la población acerca de los daños que pudiera estar causando el vertido de los lixiviados (aguas contaminadas que salen del vertedero de Residuos Sólidos Urbanos de la ciudad), en la calidad ambiental de las aguas del estero Tonto Mal, las que no reciben tratamiento alguno antes de su descarga en el mismo. Le agradecemos su respuesta sincera a cada uno de los ítems que se plantean, colocando una X en la que Ud. considere más se ajuste a su criterio. Muchas gracias.

a) Edad

RANGO (AÑOS)	RESPUESTA
18 – 25	
26 – 35	
36 – 45	
46 – 55	
56 – 65	
Más de 65	

b) Residencia en la localidad del estero “Tonto Mal”

DISTANCIA ESTIMADA	RESPUESTA
Muy cerca	
Cerca	
Ni cerca ni lejos	
Lejos	
Muy lejos	

c) Coloración del agua del estero

ALTERNATIVA	RESPUESTA
Muy satisfactoria	
Satisfactoria	
Medianamente satisfactoria	
Poco satisfactoria	
No satisfactoria	

d) Olor del agua del estero

ALTERNATIVA	RESPUESTA
Muy satisfactorio	
Satisfactorio	
Medianamente satisfactorio	
Poco satisfactorio	
No satisfactorio	

e) Turbidez del agua del estero

ALTERNATIVA	RESPUESTA
Muy satisfactoria	
Satisfactoria	
Medianamente satisfactoria	
Poco satisfactoria	
No satisfactoria	

f) Apariencia general del agua del estero

ALTERNATIVA	RESPUESTA
Muy satisfactoria	
Satisfactoria	
Medianamente satisfactoria	
Poco satisfactoria	
No satisfactoria	

g) Criterios sobre manejo de los lixiviados del relleno sanitario

ALTERNATIVA	RESPUESTA
Muy satisfactorio	
Satisfactorio	
Medianamente satisfactorio	
Poco satisfactorio	
No satisfactorio	

h) Usos del agua del estero antes de la existencia del relleno sanitario

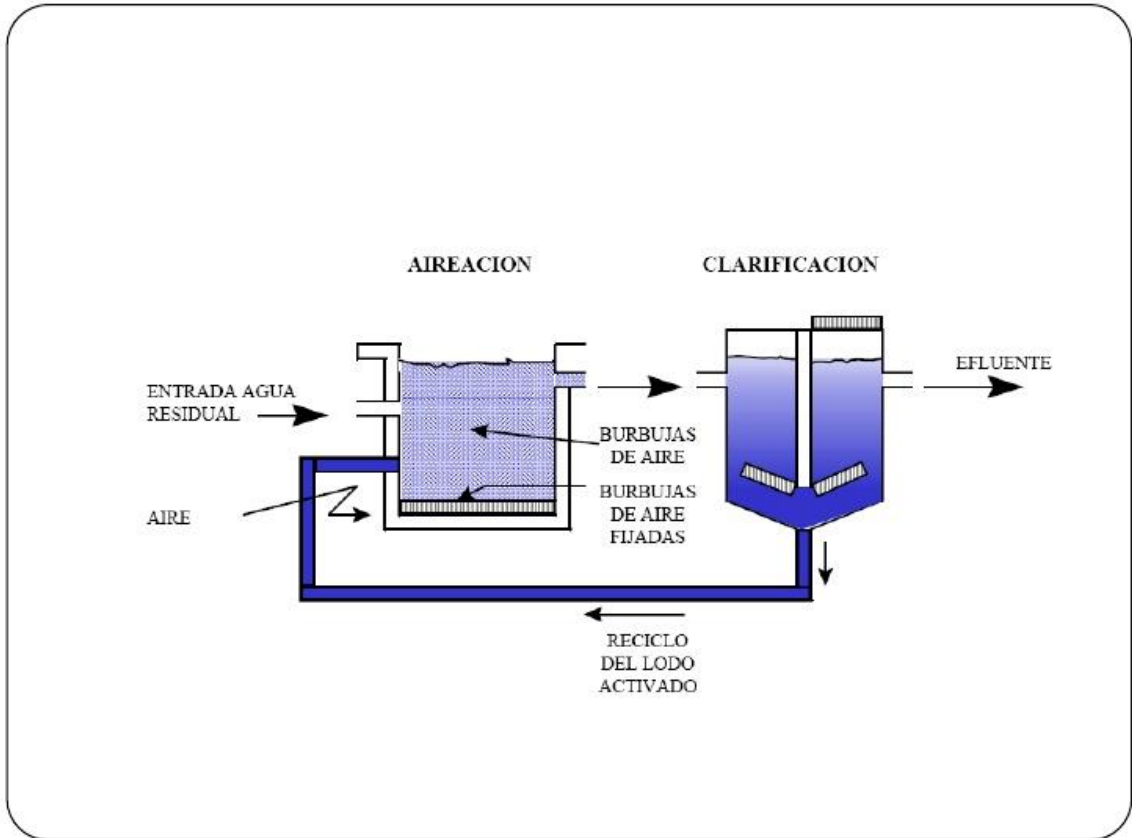
ALTERNATIVA	RESPUESTA
Muy satisfactorio	
Satisfactorio	
Medianamente satisfactorio	
Poco satisfactorio	
No satisfactorio	

i) Usos del agua del estero en la actualidad

ALTERNATIVA	RESPUESTA
Muy satisfactorio	
Satisfactorio	
Medianamente satisfactorio	
Poco satisfactorio	
No satisfactorio	

ANEXO 2

Esquema del sistema de lodos activados (incluye al sedimentador secundario)



ANEXO 3
MUESTRA FOTOGRÁFICA SOBRE LA REALIDAD DEL BOTADERO DE
BASURA DEL CANTÓN LA MANÁ, INCLUYENDO LA PISCINA DE
LIXIVIADOS (TOMA DE MUESTRAS)

Foto 1. Vista del relleno sanitario.



Foto 2. Vista del relleno sanitario.



Foto 3. Toma de muestras.



Foto 4. Piscina de lixiviados.



Foto 4. Observación y toma de muestras en la piscina de lixiviados.



ANEXO 4

RESULTADO DE ANÁLISIS QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE LIXIVIADOS; AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO DEL ESTERO TONTO MAL.

 LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	 oae <small>Organismo de Acreditación Ecuatoriano</small> ENSAYOS No OAE LE 2C 06-008
---	--	--

INFORME DE ENSAYO No.	1067
ST:	12 - 07 ANÁLISIS DE LIXIVIADOS
Nombre Peticionario:	NA
Atn.	Ramiro Cedeño Muñoz
Dirección:	Avda. 19 de mayo
FECHA:	13 de Diciembre de 2012
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2012/ 12 / 06 - 17:05
FECHA DE MUESTREO:	2012/ 12 / 05 - 14:30
FECHA DE ANÁLISIS:	2012 / 12 / 06 - 2012 / 12 / 13
TIPO DE MUESTRA:	Lixiviados de piscina del relleno de residuos sólidos del cantón la Mana.
CÓDIGO LABCESTTA:	LAB-L 0013-12
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	N.A
PUNTO DE MUESTREO:	Borde De La Piscina
ANÁLISIS SOLICITADO:	Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	N.A
CONDICIONES AMBIENTALES:	T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Potencial de Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500H ⁺ B	Unidades de pH	9,70	-	-
*Oxígeno disuelto	PEE/LABCESTTA/45 APHA 4500-O C	mg/L	2,81	-	-
*Sólidos Suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 APHA 2540 D	mg/L	340	-	-
*Sólidos Disueltos Totales	PEE/LABCESTTA/11 APHA 5220 C	mg/L	410	-	-
Cromo	PEE/LABCESTTA/94 APHA 3030 E y 3111 B	mg/L	< 0,3	-	±49%
*Nitrógeno Orgánico	PEE/LABCESTTA/60 APHA 4500-NH ₃ C	mg/L	99,4	-	-
*Cloruros	PEE/LABCESTTA/15 APHA 4500 Cl ⁻ B	mg/L	180	-	-
*Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 APHA 4500 SO ₄ ²⁻ E	mg/L	12	-	-
*Hierro	PEE/LABCESTTA/35 APHA 3111 B, 3030 B	mg/L	1,39	-	-
*Níquel	PEE/LAB-CESTTA/77 EPA SW -846 No 3050B, 7420	mg/L	< 0,2	-	-
*Plomo	PEE/LABCESTTA/29 APHA 3030 B, 3111 B	mg/L	< 0,3	-	-
*Zinc	PEE/LABCESTTA/92 Absorción Atómica	mg/Kg	< 0,05	-	-
*Cobre	PEE/LABCESTTA/92 Absorción Atómica	mg/Kg	< 0,02	-	-
Cadmio	PEE/LABCESTTA/96 APHA 3030 E y 3111 B	mg/L	< 0,02	-	±28%

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados

Página 1 de 2
Edición 1

MC01-14


 <p>LABCESTTA Tecnología & Soluciones</p> <p>SGC</p>	<p>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR</p>	 <p>ENSAYOS No OAE LE 2C 06-008</p>
--	---	---

*Demanda Bioquímica de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	410	-	-
--------------------------------	---------------------------------	------	-----	---	---

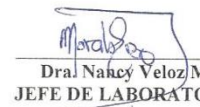
OBSERVACIONES:

- N.A. No aplica
- Muestra receptada en el laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
INSPECCIÓN
LAB. CESTTA
ESPOCH


Dra. Nancy Veloz M.
JEFE DE LABORATORIO

 <p>LABCESTTA Tecnología & Soluciones</p> <p>SGC</p>	<p align="center">LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR</p>	<p align="center">LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE</p> <p align="center">ACREDITACIÓN Nº OAE LE 2C 06-008</p>
--	---	--

INFORME DE ENSAYO No. ST: 276
13 – 02 ANÁLISIS DE LIXIVIADOS

Nombre Peticionario: NA
Atn. Ramiro Cedeño Muñoz
Dirección: Quito s/n y Manabí

FECHA: 14 de Marzo de 2013
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2013/ 03 / 06 – 14:30
FECHA DE MUESTREO: 2013/ 03 / 05 - 17:25
FECHA DE ANÁLISIS: 2013 / 03/ 06 - 2013 / 03 / 14
TIPO DE MUESTRA: Lixiviados
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-L 003-13
CÓDIGO DE LA EMPRESA: Muestra 2
PUNTO DE MUESTREO: 150 metros aguas arriba
ANÁLISIS SOLICITADO: Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Ramiro Cedeño
CONDICIONES AMBIENTALES: T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Potencial de Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500H ⁺ B	Unidades de pH	6,78	-	±0,10
*Oxígeno disuelto	PEE/LABCESTTA/45 APHA 4500-O C	mg/L	5,01	-	-
*Sólidos Suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 APHA 2540 D	mg/L	< 50	-	-
*Sólidos Disueltos Totales	PEE/LABCESTTA/11 APHA 5220 C	mg/L	< 50	-	-
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	< 2	-	-
Cromo	PEE/LABCESTTA/94 APHA 3030 E y 3111 B	mg/L	< 0,3	-	±49%
*Nitrógeno Orgánico	PEE/LABCESTTA/60 APHA 4500-NH ₃ C	mg/L	< 1,7	-	-
*Cloruros	PEE/LABCESTTA/15 APHA 4500 Cl ⁻ B	mg/L	< 10	-	-
*Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 APHA 4500 SO ₄ ²⁻ E	mg/L	< 8	-	-
*Hierro	PEE/LABCESTTA/35 APHA 3111 B, 3030 B	mg/L	0,02	-	-
*Níquel	PEE/LAB-CESTTA/77 EPA SW -846 No 3050B, 7420	mg/L	< 0,01	-	-
*Plomo	PEE/LABCESTTA/29 APHA 3030 B, 3111 B	mg/L	< 0,005	-	-
*Zinc	PEE/LABCESTTA/92 Absorción Atómica	mg/Kg	< 0,05	-	-
*Cobre	PEE/LABCESTTA/92 Absorción Atómica	mg/Kg	< 0,02	-	-

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
MC01-14

Página 1 de 2
Edición 1

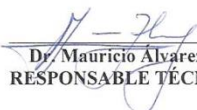
 <p>LABCESTTA Tecnología & Soluciones</p> <p>SGC</p>	<p align="center">LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR</p>	<p align="center">LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE</p> <p align="center">ACREDITACIÓN Nº OAE LE 2C 06-008</p>
--	---	--

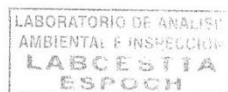
Cadmio	PEE/LABCESTTA/96 APHA 3030 E y 3111 B	mg/L	< 0,02	-	±28%
--------	--	------	--------	---	------

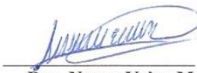
OBSERVACIONES:

- N.A. No aplica
- Muestra receptada en el laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO




Dra. Nancy Veloz M.
JEFE DE LABORATORIO

 <p>LABCESTTA Tecnología & Soluciones</p> <p>SGC</p>	<p align="center">LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR</p>	<p align="center">LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE</p> <p align="center">ACREDITACIÓN Nº OAE LE 2C 06-008</p>
--	---	--

**INFORME DE ENSAYO No.
ST:**

276
13 – 02 ANÁLISIS DE LIXIVIADOS

**Nombre Peticionario:
Atn.
Dirección:**

NA
Ramiro Cedeño Muñoz
Quito s/n y Manabi

**FECHA:
NUMERO DE MUESTRAS:
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:
FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE ANÁLISIS:
TIPO DE MUESTRA:
CÓDIGO LABCESTTA:
CÓDIGO DE LA EMPRESA:
PUNTO DE MUESTREO:
ANÁLISIS SOLICITADO:
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:
CONDICIONES AMBIENTALES:**

14 de Marzo de 2013
1
2013/ 03 / 06 – 14:30
2013/ 03 / 05 - 17:00
2013 / 03/ 06 - 2013 / 03 / 14
Lixiviados
LAB-L 002-13
Muestra 1
200 metros aguas abajo
Químico
Ramiro Cedeño
T máx.:25.0 °C. T min.: 15.0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Potencial de Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500H ⁺ B	Unidades de pH	6,33	-	±0,10
*Oxígeno disuelto	PEE/LABCESTTA/45 APHA 4500-O C	mg/L	6,10	-	-
*Sólidos Suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 APHA 2540 D	mg/L	< 50	-	-
*Sólidos Disueltos Totales	PEE/LABCESTTA/11 APHA 5220 C	mg/L	< 50	-	-
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	< 2	-	-
Cromo	PEE/LABCESTTA/94 APHA 3030 E y 3111 B	mg/L	< 0,3	-	±49%
*Nitrógeno Orgánico	PEE/LABCESTTA/60 APHA 4500-NH ₃ C	mg/L	< 1,7	-	-
*Cloruros	PEE/LABCESTTA/15 APHA 4500 Cl ⁻ B	mg/L	< 10	-	-
*Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 APHA 4500 SO ₄ ²⁻ E	mg/L	< 8	-	-
*Hierro	PEE/LABCESTTA/35 APHA 3111 B, 3030 B	mg/L	< 0,02	-	-
*Níquel	PEE/LAB-CESTTA/77 EPA SW -846 No 3050B, 7420	mg/L	< 0,01	-	-
*Plomo	PEE/LABCESTTA/29 APHA 3030 B, 3111 B	mg/L	< 0,005	-	-
*Zinc	PEE/LABCESTTA/92 Absorción Atómica	mg/Kg	< 0,05	-	-
*Cobre	PEE/LABCESTTA/92 Absorción Atómica	mg/Kg	< 0,02	-	-

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados

Página 1 de 2
Edición 1

MC01-14

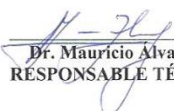
 <p>LABCESTTA Tecnología & Soluciones</p> <p>SGC</p>	<p>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR</p>	<p>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE</p> <p>ACREDITACIÓN Nº OAE LE 2C 06-008</p>
--	---	--

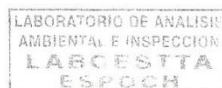
Cadmio	PEE/LABCESTTA/96 APHA 3030 E y 3111 B	mg/L	< 0,02	-	±28%
--------	--	------	--------	---	------

OBSERVACIONES:

- N.A. No aplica
- Muestra receptada en el laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:

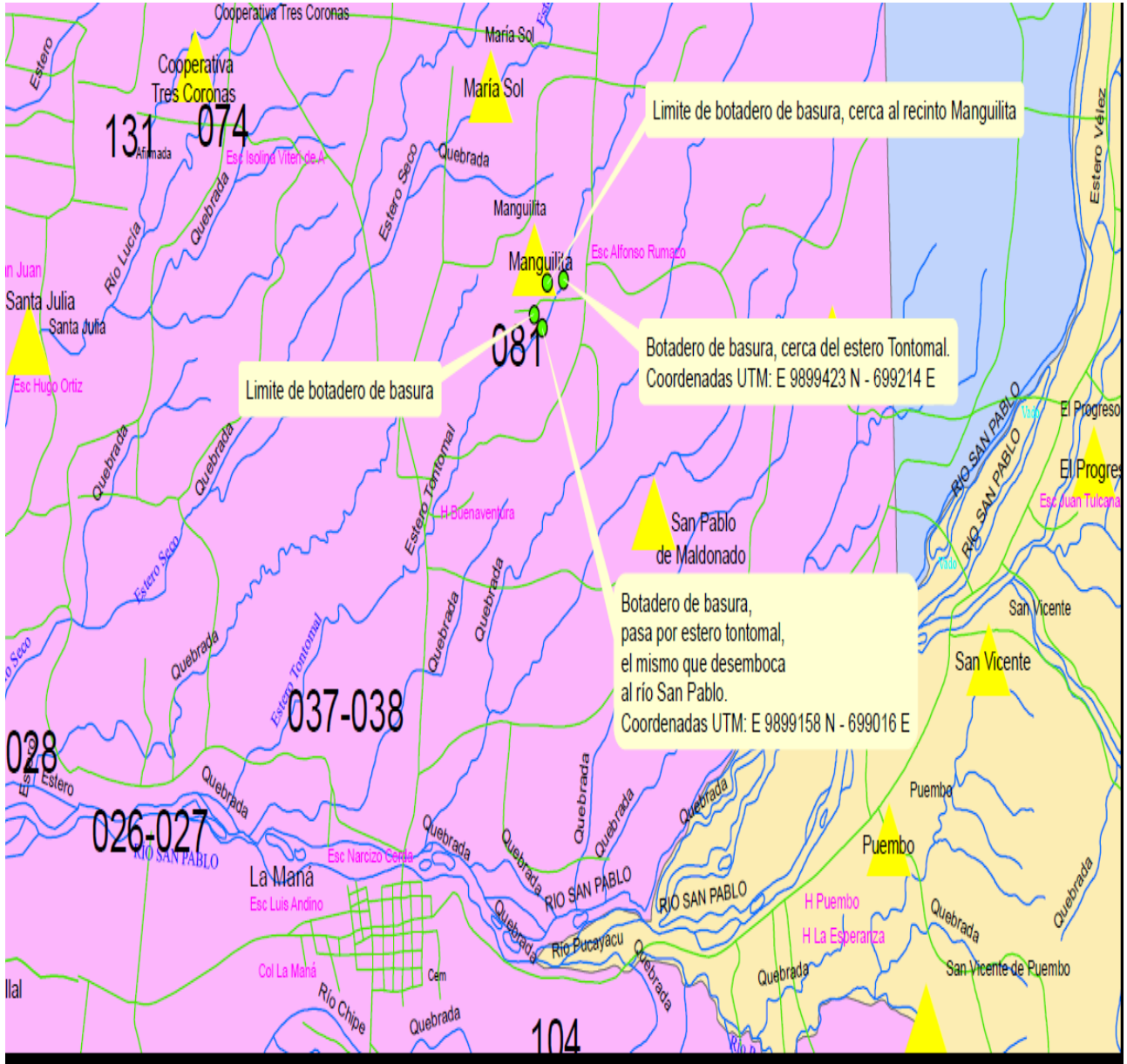

Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO




Dra. Nancy Veloz M.
JEFE DE LABORATORIO

ANEXO 5

MAPA DEL BOTADERO DE BASURA DE LA MANÁ



ANEXO 6
CERTIFICADO ANTIPLAGIO URKUND