



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN TARAPOTO

ESCUELA DE POSGRADO

**SECCIÓN DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE
ECOLOGÍA**



**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS CON
MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**“EVALUACIÓN DEL INDICE DE CALIDAD DEL
AGUA EN EL AREA DE INFLUENCIA DEL
BOTADERO MUNICIPAL DE TARAPOTO SECTOR
YACUCATINA – SAN MARTIN – PERU”**

TESIS

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER SCIENTIAE
EN
GESTIÓN AMBIENTAL**

Ing. FERNANDO VÁSQUEZ VÁSQUEZ

TARAPOTO – PERÚ

JUNIO - 2010

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN TARAPOTO

ESCUELA DE POSGRADO

SECCIÓN DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA



PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN
GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS

“EVALUACIÓN DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA EN EL
AREA DE INFLUENCIA DEL BOTADERO MUNICIPAL DE
TARAPOTO SECTOR YACUCATINA – SAN MARTIN – PERU”

APROBADA EN CONTENIDO Y ESTILO POR

A blue ink signature of Jorge Sánchez Ríos.

.....
Ing. M.Sc. Jorge Sánchez Ríos
PRESIDENTE

A blue ink signature of Juan José Salazar Díaz.

.....
Ing. M.Sc. Juan José Salazar Díaz
SECRETARIO

A blue ink signature of Santiago Alberto Casas Luna.

.....
Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna
VOCAL

DEDICATORIA

Dedico esta Maestría en Gestión ambiental a Dios, porque nunca nos abandona en el largo andar de nuestra vida y aprendizaje, porque cuanto más se necesita de su ayuda, él está allí, sosteniéndonos entre sus brazos para que no nos doliera el caminar en los momentos difíciles.

Dedico también este éxito académico a mi familia, seres que más amo en este mundo: representados por mi esposa, María Carolina y mis hijos, Diana Carolina, Mabel Sofía y Wálter Fernando, por ser la fuente de mi inspiración y motivación para superarme cada día más junto a ellos y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor

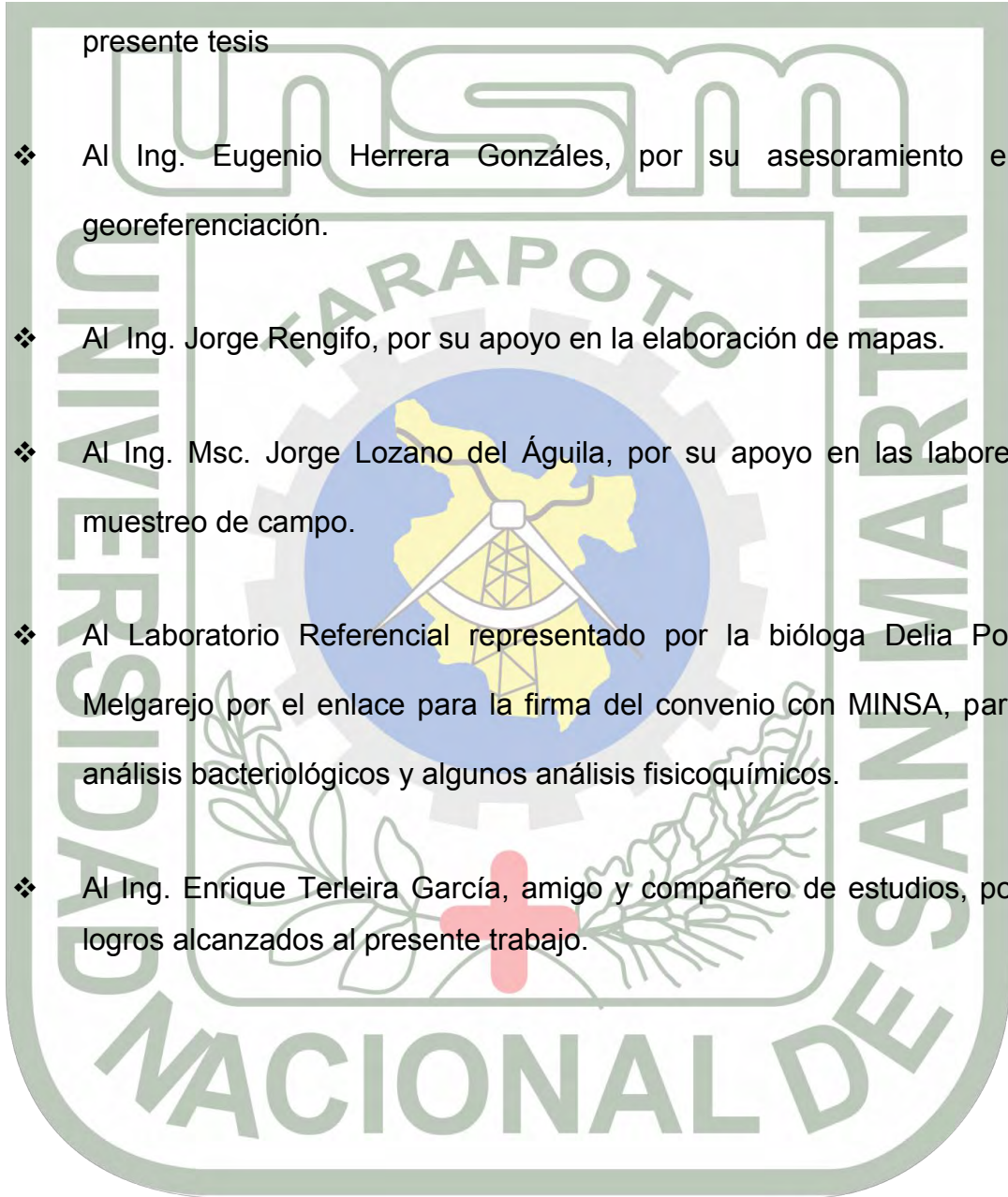
A mis padres Wálter y Eva, por ser los autores de mi existencia, ejemplos de vida y guía de superación en mi vida.

A mis hermanos Ramiro, Fressi y Rodrigo, por sus consejos de vida de vivir armoniosamente y creer y confiar siempre en mí, apoyándome en todas las decisiones que he tomado en la vida.

Fernando Vásquez Vásquez

AGRADECIMIENTOS

- ❖ Al Ing. Msc. Guillermo Vásquez Ramírez, por el asesoramiento en la presente tesis
- ❖ Al Ing. Eugenio Herrera Gonzáles, por su asesoramiento en la georeferenciación.
- ❖ Al Ing. Jorge Rengifo, por su apoyo en la elaboración de mapas.
- ❖ Al Ing. Msc. Jorge Lozano del Águila, por su apoyo en las labores de muestreo de campo.
- ❖ Al Laboratorio Referencial representado por la bióloga Delia Portella Melgarejo por el enlace para la firma del convenio con MINSA, para los análisis bacteriológicos y algunos análisis fisicoquímicos.
- ❖ Al Ing. Enrique Terleira García, amigo y compañero de estudios, por los logros alcanzados al presente trabajo.



INDICE DE CONTENIDO

i.	DEDICATORIA	
ii.	AGRADECIMIENTOS	
iii.	INDICE DE CUADROS	
iv.	INDICE DE FIGURAS	
v.	RESUMEN	
vi.	SUMMARY	
Pág.		
CAPITULO I		
1.	INTRODUCCION	1
CAPITULO II		
2.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	Recursos hídricos y contaminación.....	3
2.2	Contaminación de un acuífero	4
2.3	Calidad del agua	5
2.3.1	Parámetros indicadores de calidad de las aguas	5
2.3.1.1	Parámetros físicos	5
2.3.1.2	Parámetros químicos	7
2.3.1.3	Parámetros indicativos de contaminación orgánica	10
2.3.1.4	Parámetros bacteriológicos.....	11
2.3.2	Métodos de análisis para la evaluación de la calidad del agua....	13
2.3.3	Determinación de coliformes totales y fecales.....	14
2.4	Índice de calidad del agua	17
2.5	Muestreo de aguas	17
2.5.1	Frecuencia de muestreo.....	18
2.5.2	Toma de muestra	19
2.5.3	Manipulación y preservación de la muestra.....	20
2.5.4	Rotulación de la muestra	23
2.5.5	Transporte y seguridad.....	23
2.6	Caracterización de los residuos sólidos generados en Tarapoto	23
2.6.1	Producción percapita.....	24

	Pág
2.6.2 Composición física.....	24
2.6.3 Humedad	24
2.6.4 Densidad.....	24
2.7 Diferencia entre un botadero de residuos sólidos y un relleno sanitario,,	24
2.8 Impacto ambiental de los residuos sólidos	25
2.9 Contaminación por lixiviados	29
2.10 Calidad de los lixiviados	32
2.11 Aforo de lixiviados	36
2.12 Geología regional y local	37
2.13 Marco Legal	38
2.13.1 Constitución política del Perú	38
2.13.2 Ley general del ambiente (Ley N° 28611)	39
2.13.3 Ley general de residuos sólidos(Ley N° 27314)	40
2.13.4 Reglamento de la Ley N° 27314, Ley general de residuos sólidos- decreto supremo N° 057-2004-PCM	40
2.13.5 Ley de recursos hídricos(LEY N° 29338)	41
2.13.6 Reglamento de la Ley N° 29338. Ley de recursos hídricos Decreto supremo N° 001-2010-AG.	42
2.13.7 Estándares nacionales de calidad ambiental para agua Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM	43
2.13.8 Decreto supremo N° 08- 2009- MINAM. aprueba los límites máximos permisibles (LMP) de efluentes de infraestructuras de residuos sólidos	48

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS	49
3.1 Materiales	49
3.1.1 Localización geográfica.....	49
3.1.2 Materiales utilizados	50
3.1.3 Descripción del área del estudio	50

	Pág
3.1.3.1 Topografía	50
3.1.3.2 Hidrología	51
3.1.3.3 Flora	52
3.1.3.4 Fauna	52
3.1.3.5 Geología	52
3.2 Métodos	54
3.2.1. Metodología de muestreo	54
3.2.1.1 Determinación del número de muestras.....	54
3.2.1.2 Frecuencia de muestreo	54
3.2.1.3 Ubicación de los puntos de muestreo.....	54
3.2.1.4 Selección de parámetros de muestreo.....	56
3.2.1.5 Recipientes utilizados para muestreo.....	57
3.2.1.6 Etiquetado	58
3.2.1.7 Forma de recolectar las muestras.....	58
3.2.1.8 Preservación, conservación y traslado de las muestras al laboratorio de análisis	59
3.2.2. Lugar de análisis de muestras	62
3.2.3. Aforo de lixiviados	63
3.3 Tipo de investigación.....	64
3.4 Diseño de investigación	64
3.5 Métodos de análisis de datos	65
3.5.1 Fuentes de información	65
3.5.2 Metodología de análisis	65
3.5.2.1 Metodología de análisis microbiológico.....	65
3.5.2.2 Metodología de análisis fisicoquímico	67

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES	72
4.1 Ubicación de los puntos de muestreo	72
4.2 Aforo de lixiviados	78
4.3 Análisis fisicoquímico	79

	Pág
4.3.1	Temperatura 79
4.3.2	Turbiedad 79
4.3.3	pH 80
4.3.4	Alcalinidad 81
4.3.5	Dureza 82
4.3.6	Cloruros 82
4.3.7	Nitratos 83
4.3.8	Nitrógeno amoniacal 84
4.3.9	Nitrógeno orgánico 85
4.3.10	Demanda bioquímica de oxígeno 86
4.3.11	Demanda química de oxígeno 87
4.3.12	Metales pesados 89
4.4	Análisis bacteriológico..... 91

CAPITULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 96
5.1.	Conclusiones..... 96
5.2.	Recomendaciones 98

CAPITULO VI

6.	BIBLIOGRAFÍA 99
	ANEXOS

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 1: Tiempo de almacenamiento, preservación y volumen de muestra	21
Cuadro N° 2: Manipulación de muestras, cantidad y tipo de preservante .	22
Cuadro N° 3: Datos típicos sobre la composición de los lixiviados procedentes de vertederos nuevos y maduros	33
Cuadro N° 4: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA) Categoría N° 1: Poblacional y recreacional.....	44
Cuadro N° 5: ECA para agua categoría N° 3. Parámetros para riego de vegetales de tallo bajo y alto	45
Cuadro N° 6: ECA para agua categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de Animales.	46
Cuadro N° 7: Categoría 4: Conservación del ambiente acuático.....	47
Cuadro N° 8: Límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de tratamiento de residuos sólidos y lixiviados de rellenos sanitarios y de seguridad	48
Cuadro N° 9: Parámetros de muestreo fisicoquímico	56
Cuadro N° 10: Parámetros de muestreo de metales pesados	57
Cuadro N° 11: Parámetros de muestreo bacteriológico	57
Cuadro N° 12: Localización de puntos de muestreo.....	72
Cuadro N° 13: Aforo de lixiviados	78
Cuadro N° 14: Comparación de valores de nitratos obtenido con la normatividad nacional	84
Cuadro N° 15: Comparación de resultados obtenidos de nitrógeno amoniacal con la normatividad	85
Cuadro N° 16: Comparación de resultados obtenidos de DQO con la normatividad nacional	88
Cuadro N° 17: Resultados análisis de metales pesados	89
Cuadro N° 18: Resultados de análisis bacteriológico	92

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 1: Esquema del movimiento de los contaminantes en el ambiente.....	4
Figura N° 2: Mecanismo de contaminación por lixiviados	32
Figura N° 3: Ubicación del área de estudio	49
Figura N° 4: Vista panorámica del área de influencia del botadero.....	51
Figura N° 5: Humedales Yasnatur e Inchahui, existentes en el área de estudio	51
Figura N° 6 Algunas especies de flora existentes en el área de estudio.....	52
Figura N° 7: Mapa geológico del área de influencia del botadero "Yacucatina.....	53
Figura N° 8: Georeferenciando puntos de muestreo.....	55
Figura N°9: Frascos de vidrio utilizado para muestreo bacteriológico.....	57
Figura N° 10: Frascos para muestreo fisicoquímico y labor de etiquetado.....	58
Figura N° 11: Recolección de muestras	59
Figura N° 12: Añadiendo preservante a muestras.....	61
Figura N° 13: Medición de temperatura in situ	63
Figura N° 14: Aforo de lixiviados del botadero	64
Figura N° 15: Diagrama esquemático para detectar coliformes totales y coliformes fecales	66
Figura N° 16: Primer punto de muestreo	73
Figura N° 17: Segundo punto de muestreo	73
Figura N° 18: Tercer punto de muestreo	74
Figura N° 19: Humedal de Yasnatur utilizado para riego de vivero	75
Figura N° 20: Cuarto punto de muestreo	75
Figura N° 21: Quinto punto de muestreo	76
Figura N° 22: Ubicación de puntos de muestreo	77
Figura N° 23: Caudal de lixiviados	78
Figura N° 24: Medición de temperatura	79
Figura N° 25: Turbiedad	80
Figura N° 26: pH	81
Figura N° 27: Alcalinidad Total	81
Figura N° 28: Dureza Total	82
Figura N° 29: Cloruros	83
Figura N° 30: Nitratos	83
Figura N° 31: Nitrógeno orgánico	86
Figura N° 32 Demanda bioquímica de oxígeno	86

Figura N° 33: Comparación de DBO Versus Decreto Supremo N° 08- 2009- MINAM y los ECAs	87
Figura N° 34: Demanda química de oxígeno	88
Figura N° 35: Comparación de DQO versus Decreto Supremo N° 08- 2009- MINAM y los ECAs	89
Figura N° 36: Resultados examen bacteriológico pozo Yacucatina.....	92
Figura N° 37: Resultados examen bacteriologico - pozo Rafael Linares	93
Figura N° 38: Resultados examen bacteriologico - humedal Yasnatur	94
Figura N° 39: Resultados examen bacteriologico - humedal Inchahui	95



RESUMEN

Uno de los problemas más graves relacionados con el manejo de los residuos sólidos en el Perú es su disposición final. El manejo de los desechos sólidos según la Ley General de Residuos sólidos (Ley N° 27314) y su reglamento, se resume a un ciclo que comienza con su generación y acumulación temporal, continuando con su recolección, transporte y transferencia termina con la disposición final de los mismos.

Los residuos sólidos generados en la ciudad de Tarapoto tienen como disposición final, el botadero ubicado en el sector “Yacucatina”, aproximadamente en el kilómetro 25 de la carreta Fernando Belaunde-Sur; que son depositados de manera arbitraria y sin aplicación de ningún método técnico ni control, originando un serio problema ambiental. Al tener contacto directo con el suelo, los desperdicios contaminan a éste, poniendo en riesgo la capa freática, los humedales ubicados cercanos al botadero y en consecuencia, deteriorando el suelo, el subsuelo, la calidad del agua superficial y subterránea. Es por ello que en el presente trabajo, se investiga el grado de contaminación generada por los lixiviados, a partir de la medición de la calidad de las aguas tomando algunos parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, comparándola con la normatividad existente.

La metodología de análisis se siguió de acuerdo al parámetro a analizar según las normas internacionales para la caracterización de la calidad del agua (APHA-AWWA-WPCF, 1992) las cuales se encuentran incluidas en los denominados “Métodos normales para el examen de las aguas y Aguas residuales “(Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater) y los Estándares de Calidad para Aguas (ECA), establecidos en la Ley de recursos hídricos y las normas técnicas peruanas de INDECOPI referido a calidad del agua.

Con los resultados obtenidos se demostró que todos los puntos muestreados tienen contaminación por coliformes totales y coliformes termotolerantes que superan los estándares de calidad para aguas.

Además existe contaminación por cromo (0.415mg/L) y níquel (0.217mg/L) en los lixiviados, que superan los límites máximos permisibles establecidos en el D.S N° 08-2009-MINAM (0,1mg/L), referido a los efluentes de vertederos o infraestructuras de disposición final de residuos sólidos.

En el quinto punto de muestreo "humedal Inchahui" existe presencia de trazas de níquel y mercurio, que están dentro de los límites establecidos por los estándares de calidad para aguas (0,1mg/L).

Así mismo se observó que los indicadores fisicoquímicos y bacteriológicos que se presentan con mayor intensidad en las aguas de lixiviación con respecto a las demás fuentes en el área son: DQO, DBO₅, nitrógeno amoniacal, nitratos, dureza, nitrógeno orgánico, cloruros, cromo, níquel, mercurio, coliformes totales.

El rastreo de contaminantes de los diferentes cuerpos de agua presentes en el área de influencia del botadero, estableció que la tendencia de la pluma contaminante es en dirección de esorrentía de los lixiviados que comienza a generarse a partir de la propia base del botadero.

La evaluación constituye uno de los elementos principales del estudio, a partir de ello se propone las siguientes medidas necesarias y tratamiento de lixiviados para el adecuado manejo de los residuos sólidos generados en la ciudad de Tarapoto.

SUMMARY

One of the most serious problems related to solid waste management in Peru is their final disposition. The solid waste management is summarized in a cycle that begins with the generation and accumulation time, continuing its collection, transport and transfer and ends with the final accumulation of them.

The solid waste generated in the city of Tarapoto have the final disposal dump located in the sector "Yacucatina" approximately kilometer 25 of the cart Fernando Belaunde-South, which are deposited in an arbitrary manner, without application of any technical or monitoring method causing a serious environmental problem. By having direct contact with soil, contaminated waste to it, threatening groundwater, wetlands located near the dump site and thus, damaging the soil, subsoil, surface water quality and groundwater. That is why in this paper, we investigate the pollution caused by leachate from the measurement of water quality by taking some physical, chemical and bacteriological comparison with existing norms.

The methodology of analysis took place according to the parameter to be analyzed according to international standards for the characterization of water quality (APHA-AWWA-WPCF, 1992) which are included in so-called "Standard Methods for the Examination of Waters and wastewater (Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater) and Water Quality Standards (ECA) established the Water Resources Act and standards INDECOPI Peruvian referred to water quality.

With the results showed that all the sampled points are total coliform contamination and thermotolerant coliforms exceeding water quality standards.

There is also contaminated with chromium and nickel in the leachate, which exceed the limits set in the DS N ° 08-2009-MINAM, referring to the effluents of landfills or disposal facilities for solid waste.

In the fifth sampling point there is presence of traces of nickel and mercury, which are within the limits set by the Water Quality Standards

We also found that the physical and chemical and bacteriological occurring with greater intensity in leachate with respect to other sources in the area are: COD, BOD5, ammonia nitrogen, nitrates, hardness, nitrogen, chloride, chromium, nickel, mercury and total coliforms.

Tracking contaminants in different bodies of water in the catchment area of the dump, set the trend in the contamination plume is in the direction of runoff of leachate to be generated starting from the very base of the dump.

The assessment is one of the main elements of the study, after it is proposed the following measures and treatment of leachate for the proper management of solid waste generated in the city of Tarapoto.



CAPITULO I

INTRODUCCION

El problema de los residuos sólidos, en la gran mayoría de los países, y particularmente en determinadas regiones, se viene agravando como consecuencia del acelerado crecimiento de la población y concentración en las áreas urbanas, del desarrollo industrial, los cambios de hábitos de consumo y mejor nivel de vida, así como también debido a otra serie de factores que conllevan a la contaminación del medio ambiente y al deterioro de los recursos naturales. Desafortunadamente, por lo general el desarrollo de cualquier región viene acompañado de una mayor producción de residuos sólidos y, sin duda, ocupa un papel importante entre los distintos factores que afectan la salud de la comunidad. Por lo tanto, constituye de por sí un motivo para que se implanten las soluciones adecuadas para resolver los problemas de su manejo y disposición final.

Uno de los problemas más graves relacionados con el manejo de los residuos sólidos en el Perú es su disposición final. Es común observar que las ciudades, aunque tengan un apropiado sistema de recolección de residuos sólidos, disponen sus residuos en los ríos, el mar, las quebradas y espacios públicos en general. La práctica de disponer los residuos en lugares abiertos, comúnmente denominados botaderos, es altamente nociva para el ambiente y pone en grave riesgo la salud de la población. El manejo de los desechos sólidos se resume a un ciclo que comienza con su generación y acumulación temporal, continuando con su recolección, transporte y transferencia y termina con la acumulación final de los mismos. Es a partir de esta acumulación cuando comienzan los verdaderos problemas ambientales, ya que los botaderos se convierten en focos permanentes de contaminación. En la actualidad la generación y disposición final de los residuos sólidos se ha considerado como uno de los problemas ambientales más complejos y peligrosos, debido a que afecta los diferentes componentes del medio ambiente-puesto que contamina el agua, el suelo y el aire y deteriora la biodiversidad.

Un botadero es el lugar donde se disponen los residuos sólidos sin ningún tipo de control; los residuos no se compactan ni se realizan ningún tipo de sellado y eso produce olores desagradables, gases y líquidos contaminantes. Un botadero puede contaminar las aguas superficiales y subterráneas, el suelo y el aire; además, genera olores y es foco de proliferación de insectos y roedores que transmiten enfermedades. Además, los botaderos no están permitidos por la ley.

Los principales problemas de los botaderos tienen que ver con la formación de aguas contaminadas (lixiviados), y con la ocupación de suelo que bien podría usarse para otros fines como hábitat para la vida salvaje, agricultura. Adicionalmente, si no están diseñados correctamente, los sitios de disposición final generan olores, polvo y residuos y atraen a aves que se alimentan de carroña y animales salvajes; es decir que los botaderos generan impactos ambientales no deseados por no tener manejo de lixiviados, no tener un manejo de gases no tener un control de vectores y todo eso afecta de manera ambiental tanto visual como físicamente a la población que se encuentra en zonas aledañas, si hay cuerpos de agua de inmediato los contamina.

La generación de residuos sólidos en la ciudad de Tarapoto es aproximadamente de 100 toneladas/día según **Lozano (2009)**, estos residuos tienen como disposición final el botadero del sector "Yacucatina" ubicado aproximadamente en el kilómetro 24 de la carreta Fernando Belaunde-Sur; donde los residuos son depositados de manera arbitraria y sin un control formal, originando un serio problema ambiental. Al tener contacto directo con el suelo, los desperdicios contaminan a éste, poniendo en riesgo la capa freática, los humedales ubicados cercanos al botadero y en consecuencia, deteriorando el suelo, el subsuelo y por supuesto, la calidad del agua superficial y subterránea.

Es por ello que en el presente trabajo, se pretende investigar en qué medida está contaminando los lixiviados provenientes del botadero sobre las aguas superficiales distribuidas en el área circundante al botadero, a partir de la medición de calidad de las aguas tomando como medida algunos parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, comparándola con la normatividad existente.

OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar el índice de calidad del agua en el área de influencia del botadero de Yacucatina.

ESPECIFICOS

- Determinar el nivel de contaminación bacteriológico de las aguas circundantes al botadero.
- Determinar el nivel de contaminación físico químico de las aguas circundantes al botadero.
- Determinar el nivel de contaminación por metales pesados de las aguas circundantes al botadero.

CAPITULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.6 Recursos hídricos y contaminación

Según **Tortajada (2002)**, el ambiente constituye el sustrato que permite la supervivencia del ser humano aportándole recursos esenciales para sus actividades económicas y productivas. El recurso hídrico es la suma total del entorno constituido por la atmósfera, la hidrosfera, la litósfera y la biósfera. Las interacciones entre los distintos componentes a través de diferentes procesos físicos, químicos y biológicos hacen que las especies químicas se muevan en el medio ambiente y este transporte se describe como un ciclo biogeoquímico.

Desde la revolución industrial y especialmente en las últimas décadas, las actividades humanas han causado perturbaciones significativas en los ciclos biogeoquímicos. Destacan el calentamiento global, la lluvia ácida, la reducción de la capa de ozono, la bioacumulación de residuos tóxicos y el empobrecimiento de los recursos de aguas naturales. En consecuencia, es de vital importancia el conocimiento sobre las especies presentes para establecer modelos adecuados, prever el impacto y solucionar los problemas existentes.

La contaminación se define como la actividad humana que modifica el ambiente pudiendo causar daño en la salud humana o alteraciones en los ecosistemas naturales. Destaca la contaminación por el vertido de especies químicas, siendo sintéticas o constituyentes naturales pero a niveles superiores de los límites permisibles. El número de compuestos que se introducen en el medioambiente supera la cifra de 60.000 (**Freeman, 1998**).

La contaminación es la presencia de materia orgánica, química, radioactiva o biológica en el agua y por lo cual se tiende a degradar su calidad, constituyendo un peligro para la salud humana y ambiental (**Salazar, 2009**).

Existen factores externos, especialmente de origen antrópico que alteran la composición natural de las aguas al introducir sustancias ajenas susceptibles de modificar su naturaleza original, deteriorando su calidad y limitando su utilización para ciertos usos. En definitiva, la contaminación de las aguas aparece asociada a actividades antrópicas, ya sea de forma directa (vertidos) o a causa de accidentes. Obviando las consideraciones económicas, la contaminación del agua es, apriori, indeseable por razones no sólo de salud pública sino también por razones estéticas y éticas; por lo tanto la contaminación reduce la cantidad

de agua utilizable para ciertos fines, y se contribuye a conformar una situación de escasez y de degradación del medio ambiente. (GDF 2009).

En la figura 1 se esquematiza el movimiento de los contaminantes en el ambiente

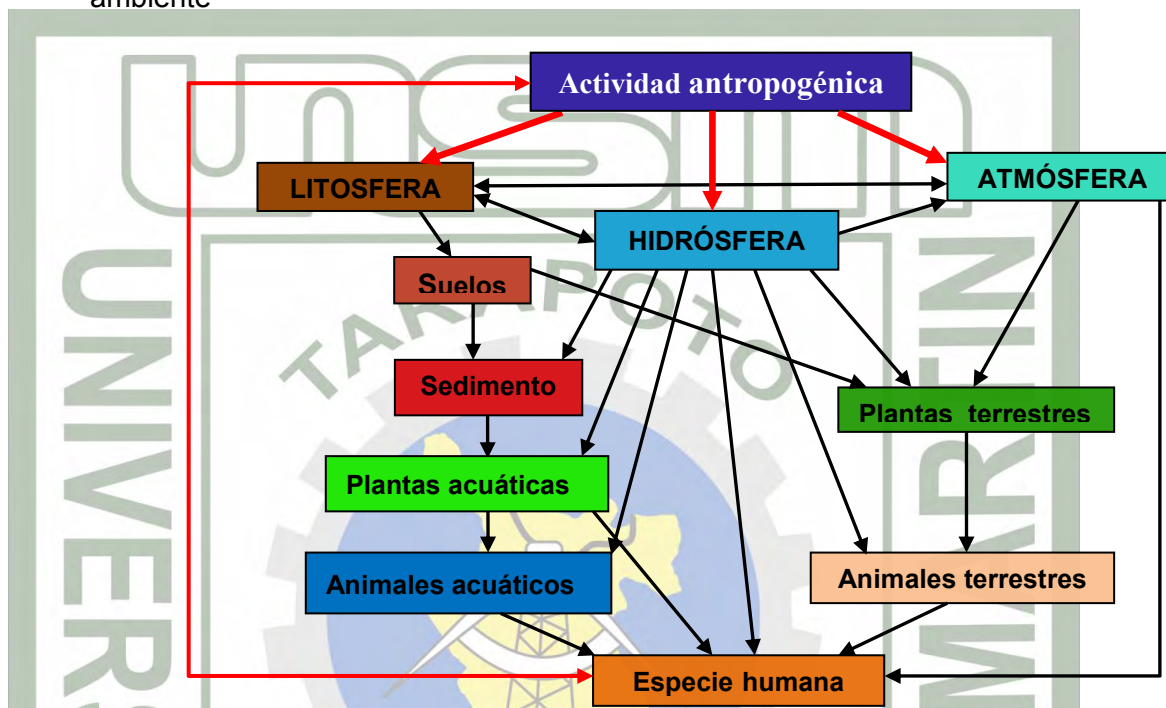


Figura 1: Esquema del movimiento de los contaminantes en el ambiente

Fuente: Einax .W et al. 1997

Para evaluar los efectos de la contaminación se utilizan los siguientes términos. La exposición, indica la concentración en el medio respecto al tiempo de contacto y dosis, relaciona la cantidad de contaminante por unidad de individuo y tiempo. Con ello se pretende evaluar el riesgo que originan (Bacci, 1994).

2.2 Contaminación de un acuífero

La contaminación del agua ocurre cuando su composición está alterado de tal modo que no reúne las condiciones para los usos a los que estaba destinada. Se pueden distinguir dos tipos de contaminación del agua subterránea según la fuente que la produce:

- **Puntual o local:** producida por actividades que dirigen sus desechos en un sitio determinado y que afectan a un sector limitado del acuífero. Este tipo de contaminación es fácil de medir y controlar. A modo de ejemplos tenemos la concentración de heces de cría intensiva de animales sin tratamiento de

efluentes y el aporte de origen humano en poblaciones que utilizan las aguas subterráneas para su consumo.

- **No puntual o difusa:** producida por aquellas actividades cuya fuente contaminante no tiene un punto de entrada obvio. Se produce en grandes extensiones. Ejemplo: agricultura intensiva.

Es decir que, la calidad natural del agua subterránea puede ser alterada por la actividad humana, dicho deterioro puede medirse por medio de parámetros físicos, químicos y biológicos, cuyos límites condicionan su potabilidad (Andriulo, 2005).

2.3 Calidad del agua

El término **calidad del agua** es relativo, referido a la composición del agua en la medida en que esta es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y actividades humanas. Como tal, es un término neutral que no puede ser clasificado como bueno o malo sin hacer referencia al uso para el cual el agua es destinada. De acuerdo con lo anterior, tanto los criterios como los estándares y objetivos de calidad de agua variarán dependiendo de si se trata de agua para consumo humano (agua potable), para uso agrícola o industrial, para recreación, de contacto primario, para mantener la calidad ambiental, etc. **Organización Mundial de la Salud (O.M.S. 1995).**

Los límites tolerables de las diversas sustancias contenidas en el agua son normadas por la **Organización Mundial de la Salud (OMS)**, la **Organización Panamericana de la Salud (OPS)**, y por los gobiernos nacionales, pudiendo variar ligeramente de uno a otro.

2.3.1 Parámetros indicadores de calidad de las aguas

Rigola (1999), clasifica a los parámetros de calidad en cuatro grandes grupos: físicos, químicos, biológicos y radiológicos. A continuación se describen algunos parámetros referidos a los tres primeros grupos:

2.3.1.1 Parámetros físicos

Los parámetros físicos, son los que definen las características del agua que responden a los sentidos de la vista, del tacto, gusto y olfato como pueden ser los sólidos suspendidos, turbiedad, color, sabor, olor y temperatura.

Sabor y Olor

El sabor y olor del agua son determinaciones organolépticas de determinación subjetiva, para los cuales no existen instrumentos de observación, ni registro, ni unidades de medida. Tienen un interés evidente en las aguas potables destinadas al consumo humano. Las aguas adquieren un sabor salado a partir de los 300 ppm de Cl^- , y un gusto salado y amargo con más de 450 ppm de SO_4^{2-} . El CO_2 le da un gusto picante. Trazas de fenoles u otros compuestos orgánicos le confieren un color y sabor desagradables (**Rigola 1999**).

Color

El color es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible. No se pueden atribuir a ningún constituyente en exclusiva, aunque ciertos colores de aguas naturales son indicativos de ciertos contaminantes. El agua pura solo es azulada en grandes espesores. En general presenta colores inducidos por materiales orgánicos de los suelos vegetales, como el color amarillento debido a los ácidos húmicos. La presencia de hierro puede darle color rojizo, y la del manganeso un color negro. El color afecta estéticamente la potabilidad de las aguas, puede representar un potencial de ciertos productos cuando se utiliza como material de proceso.

Las medidas de color se hacen normalmente en laboratorio por comparación con un estándar arbitrario a base de cloruro de cobalto Cl_2Co , y cloroplatinato de potasio Cl_6PtK_2 , y se expresa en una escala de unidades de Pt-Co (unidades Hazen) o simplemente Pt, las aguas subterráneas no suelen sobrepasar valores de 5 ppm de Pt, pero las superficiales pueden alcanzar varios centenares de ppm (**Rigola 1999**).

Turbidez

Rigola (1999), la turbidez es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos que se presentan principalmente en aguas superficiales. Son difíciles de decantar y filtrar y pueden dar lugar a la formación de depósitos en las conducciones de agua, equipos de proceso.

La medición se hace por comparación con la turbidez inducida por diversas sustancias. La medición en ppm de SiO_2 fue la más utilizada, pero, existen diferencias en los valores obtenidos según la sílice y la técnica empleadas por un laboratorio u otro. Existen varios tipos de turbidímetros modernos dando valores numéricos. Es prácticamente idéntico. El fundamento del turbidímetro de

Jackson es la observación de una bujía a través de una columna de agua ensayada, cuya longitud se aumenta hasta que la llama desaparece. Con una célula fotoeléctrica se mejora la medida. El aparato se puede calibrar mediante suspensiones de polímeros de formacina, con la cual se deriva a una escala de unidades de formacina. En el nefelómetro se mide la intensidad de luz difractada al incidir un rayo luminoso sobre las partículas de suspensión y recogidas sobre una célula fotoeléctrica.

La unidad nefelométrica (NTU o UNF), la unidad Jackson (JTU), y la unidad de formacina (FTU) se pueden intercambiar a efectos prácticos.

Las aguas subterráneas suelen tener valores inferiores a 1 ppm de sílice, pero las superficiales pueden alcanzar varias decenas. Las aguas con 1 ppm son muy transparentes y permiten ver a través de él hasta profundidades de 4 ó 5 m.

Conductividad y resistividad

Rigola (1999), la conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. Es indicativa de la materia ionizable total presente en el agua. El agua pura contribuye mínimamente a la conductividad, y en su casi totalidad es el resultado del movimiento de los iones de las impurezas presentes. La resistividad es la medida recíproca de la conductividad. El aparato utilizado es el conductímetro cuyo fundamento es la medida eléctrica de la resistencia de paso de la electricidad entre las dos caras opuestas de un prisma rectangular comparada con la de una solución de ClK a la misma temperatura y referida a 20°C. La medida de la conductividad es una buena forma de control de calidad del agua, siempre que:

- No se trate de contaminación orgánica por sustancias no ionizables.
- Las mediciones se realizan a la misma temperatura.
- La composición del agua se mantenga relativamente constante

La unidad estándar de resistencia eléctrica es el ohm y la resistividad de las aguas se expresa convenientemente en megaohms-centímetro. La conductividad se expresa en el valor recíproco, normalmente como microsiemens por centímetro. Para el agua pura los valores respectivos son de 18,24 Mohms.cm y 0,05483 μ s/cm a 25°C (**Rigola 1999**).

Temperatura

Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración (Rigola 1999).

2.3.1.2 Parámetros químicos

pH

El pH es una medida de la concentración de iones hidrógeno, y se define como $\text{pH} = \log(1/[\text{H}^+])$. Es una medida de la naturaleza ácida o alcalina de la solución acuosa que puede afectar a los usos específicos del agua. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 6 y 8. Su medición se realiza fácilmente con un pHmetro bien calibrado, aunque también se disponen de papeles especiales que, por coloración indican el pH (Rigola 1999).

Dureza

Rigola (1999), la dureza es una característica química del agua que está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y ocasionalmente nitratos de calcio y magnesio.

Existen distintas formas de dureza:

- **Dureza total o título hidrotimétrico**, TH. Mide el contenido total de iones Ca^{++} y Mg^{++} . Se puede distinguir entre la dureza de calcio, THCa, y la dureza de magnesio THMg.
- **Dureza permanente o no carbonatada**. Mide el contenido en iones Ca^{++} y Mg^{++} . después de someter el agua a ebullición durante media hora, después se recupera el volumen inicial con agua destilada.
- **Dureza temporal o carbonatada**. Mide la dureza asociada a iones CO_3H^- , eliminable por ebullición, y es la diferencia entre la dureza total y la permanente.

La dureza se puede expresar como meq/L, en ppm de CO_3Ca , o en grados hidrométricos de los cuales el más común es el francés. Las aguas con menos de 50 ppm en CO_3Ca se llaman blandas, hasta 100 ligeramente duras, hasta 200 moderadamente duras, y a partir de 200 ppm muy duras.

Alcalinidad

La alcalinidad es una medida de la capacidad para neutralizar ácidos. Contribuyen a la alcalinidad principalmente los iones bicarbonato (CO_3H^-), carbonato (CO_3^{2-}), y oxhidrilo (OH^-), pero también los fosfatos y ácido silícico u otros ácidos de carácter débil. Los bicarbonatos y los carbonatos pueden producir CO_2 en el vapor, que es una fuente de corrosión en las líneas de condensado. También pueden producir espumas, provocar arrastre de sólidos con el vapor y fragilizar el acero de las calderas. Se distingue entre la alcalinidad total o título alcalimétrico total, TAC, medida por adición hasta el viraje del anaranjado de metilo, a pH entre 4.4 y 3.1, también conocido como alcalinidad *m*, y la alcalinidad simple o título alcalimétrico, TA, medida por el viraje de la fenolftaleína, a pH entre 9.8 y 8.2, conocido como alcalinidad **(Rigola 1999)**.

Sólidos Disueltos

Rigola (1999), Los sólidos disueltos o salinidad total, es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua, determinada por evaporación de un volumen de agua previamente filtrada. Corresponde al residuo seco con filtración previa. El origen de los sólidos disueltos puede ser múltiple, orgánico e inorgánico, tanto en aguas subterráneas como superficiales.

Sólidos en Suspensión

Los sólidos en suspensión (SS), es una medida de los sólidos sedimentables (no disueltos) que pueden ser retenidos en un filtro. Se puede determinar pesando el sólido que queda en el filtro, después de secado. Las aguas subterráneas suelen tener menos de 1ppm.**(Rigola 1999)**.

Sólidos totales

Los sólidos totales son la suma de los sólidos disueltos y de los sólidos en suspensión **(Rigola 1999)**.

Cloruros

Rigola (1999), el ion cloruro (Cl^-), forma sales en general muy solubles. Suele ir asociadas al ion Na^+ , especialmente en aguas muy salinas. Las aguas dulces contienen entre 10 y 250 ppm de cloruros, pero no es raro encontrar valores mucho mayores. El contenido en cloruros afecta la potabilidad del agua y su potencial uso agrícola e industrial. Se separa por intercambio iónico **(Rigola 1999)**.

Sulfatos

El ion sulfato (SO_4^-), corresponde a sales moderadamente solubles a muy solubles. Las aguas dulces contienen de 2 a 150 ppm. (**Rigola 1999**).

Nitratos

Rigola (1999), el ion nitrato (NO_3^-), forma sales muy solubles y bastante estables aunque en medio reductor puede pasar a nitrito, nitrógeno o amoníaco. Las aguas normales contienen menos de 10 ppm, pero las aguas contaminadas principalmente por fertilizantes, pueden llegar a varios centenares de ppm. Concentraciones elevadas en las aguas de bebida pueden ser la causa de cianosis infantil. Se elimina por intercambio iónico.

Su presencia en las aguas superficiales, conjuntamente con fosfatos, determina la eutrofización, que se caracteriza por un excesivo crecimiento de las algas.

El nitrato es el contaminante más común en el agua subterránea es, debido a su alta solubilidad y por lo tanto, a su facilidad de transporte por el agua a través del suelo.

La organización Mundial de la Salud (OMS) fija el límite de nitrato en el agua de consumo humano en 50mg/L de nitrato. En cambio, la Agencia para la protección del medio Ambiente de Norteamérica (EPA) sitúa este límite en 10mg/L de nitrato. Por su parte la Comunidad Europea fijan los niveles máximos permitidos de nitratos en 50 mg/L (directiva 91/676/CEE).

Metales tóxicos

Los más comunes son el arsénico, el cadmio, el plomo, el cromo, el bario y el selenio. Todos ellos deben ser estrictamente controlados en el origen de la contaminación. Las mediciones analíticas se realizan en general por espectrofotometría de absorción atómica (**Rigola 1999**).

2.3.1.3 Parámetros indicativos de contaminación orgánica

Tanto la actividad natural como la humana contribuyen a la contaminación orgánica de las aguas naturales. La descomposición de la materia animal y vegetal da lugar a ácidos húmicos y fúlvico y a materia colorantes. Los residuos domésticos contienen materias en descomposición, detergentes y

microorganismos. De la actividad agrícola resultan residuos de herbicidas (Rigola 1999).

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Mide la cantidad de oxígeno consumido en la eliminación de la materia orgánica del agua, mediante procesos biológicos aerobios. En general se refiere al oxígeno consumido en 5 días (DBO_5). La DBO es una medida de la materia orgánica en el agua, expresada en mg/L. Es la cantidad de oxígeno disuelto que se requiere para la descomposición de la materia orgánica. La prueba de la DBO toma un período de cinco días. Las aguas subterráneas suelen contener menos de 1 ppm. Un contenido superior es indicativo de contaminación. En las aguas superficiales su contenido es muy variable. En las aguas residuales domésticas se sitúa entre 100 y 350 ppm (Rigola 1999).

Demanda química de oxígeno (DQO)

La DQO es una medida de la materia orgánica e inorgánica en el agua, expresada en mg/l, es la cantidad de oxígeno disuelto requerida para la oxidación química completa de contaminantes. Mide la capacidad de consumo de un oxidante químico, dicromato o permanganato, por las materias oxidables contenidas en el agua, y también se expresa en ppm de O_2 . Indica el contenido en materias orgánicas oxidables y otras sustancias reductoras, tales como Fe^{++} , NH_4^+ . Las aguas no contaminadas tienen valores de la DQO de 1 a 5ppm, o algo superiores. Las aguas residuales domésticas suelen contener entre 250 y 600ppm. La relación entre los valores de la DBO y la DQO es un indicativo de la biodegradabilidad de la materia contaminante. En aguas residuales un valor de la relación DBO/DQO menor que 0,2 se interpreta como un vertido de tipo inorgánico y si es mayor que 0,6 como orgánico (Rigola 1999).

2.3.1.4 Parámetros bacteriológicos

La contaminación microbiana es dividida en la contaminación por los organismos que tienen la capacidad de reproducirse y de multiplicarse y los organismos que no pueden hacerlo. La contaminación microbiana puede ser la contaminación por las bacterias, que es expresada en Unidades Formadoras de Colonias (UFC), una medida de la población bacteriana. Otra contaminación microbiana es la contaminación por pirógenos; que son los productos bacterianos que pueden inducir fiebre en animales de sangre caliente. Después

de bacterias y de pirógenos las aguas se pueden también contaminar por los virus (Rigola, 1999).

Así mismo Cáceres (1990), sostiene que la contaminación fecal del agua, puede incorporar una variedad de diversos organismos patógenos intestinales: bacterias, virus y parásitos, cuya presencia está relacionada con enfermedades y también con portadores de tipo microbiano que puedan existir en ese momento en una comunidad. Las bacterias patógenas intestinales se hallan diseminadas a lo largo y ancho del planeta. Aquellas cuya presencia ha sido detectada en el agua, incluyen: *Salmonellas*, *Shigellas*, *eschericha Coli enterotoxígena*, *Vibrio cholerae*, *Yersinia enterocolítica* y *Campylobacter fetus*; estos microorganismos pueden ser causantes de enfermedades, cuya gravedad puede ir desde una ligera gastroenteritis hasta casos graves y, a veces fatales, de disentería, cólera o tifoidea.

El reconocimiento que las infecciones microbianas pueden ser transmitidas por el agua, ha dado lugar al desarrollo de métodos para efectuar exámenes de rutina que garanticen que el agua destinada al consumo humano, se encuentra libre de contaminación fecal. Una opción más lógica es detectar los microorganismos que normalmente estén presentes en las heces de los seres humanos y los animales de sangre caliente, como indicadores de la contaminación por excretas; de este modo, la presencia de dichos organismos indica la existencia de materia fecal, es decir, que existe la posibilidad de que también se hallen presentes organismos patógenos intestinales. A la inversa, la ausencia de microorganismos asociados fecales, indicará asimismo, que con toda probabilidad no habrá microorganismos patógenos (causantes de enfermedades). En este sentido, los microorganismos que se elijan como indicadores de contaminación, deben abundar en los excrementos, pero deben estar ausentes, o sólo existir en cantidades reducidas, en otras fuentes; así mismo deben ser fáciles de aislar, identificar y enumerar, y deben ser incapaces de desarrollar en el agua; igualmente, deben sobrevivir más tiempo en el agua que los gérmenes patógenos. Entre los microorganismos que satisfacen algunos de estos criterios están todos los del grupo coliformes.

Coliformes totales

El grupo coliforme se define como todas las bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa en cultivos a temperatura de 35°C a 37°C, produciendo ácido y gas (CO₂) en 24 horas. Entre ellos se encuentran la

Escherichia Coli, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*.(Organización Panamericana de la Salud, 1987).

Coliformes fecales.

Los coliformes fecales (termo resistentes) o termotolerantes, se definen como el grupo de organismos coliformes que pueden fermentar la lactosa a 44° - 45°C, comprenden un grupo muy reducido de microorganismos los cuales son indicadores de calidad, ya que son de origen fecal, en su mayoría están representados por el microorganismo el género *Escherichia Coli* y en menor grado, especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter* (Easton, 1998).

Los coliformes fecales integran el grupo de los coliformes totales, pero se diferencian de los demás microorganismos que hacen parte de este grupo, en que son indol positivo, su rango de temperatura óptima de crecimiento es muy amplio (hasta 45°C) y son mejores indicadores de higiene en alimentos y en aguas, la presencia de estos indica presencia de contaminación fecal de origen humano o animal, ya que las heces contienen dichos microorganismos, presentes en la flora intestinal y de ellos un 90% y un 100% son E. coli mientras que en aguas residuales y muestras de agua contaminadas este porcentaje disminuye hasta un 59%. (Gomez et al, 1999).

Los coliformes termoresistentes distintos de E. coli pueden provenir también de aguas orgánicamente enriquecidas, por ejemplo de efluentes industriales o de materias vegetales y suelos en descomposición. Como los organismos coliformes termoresistentes se detectan con facilidad, pueden desempeñar una importante función secundaria como indicadores de la eficacia de los procesos de tratamiento del agua para eliminar las bacterias fecales (Organización Mundial de la Salud, 1995).

El objetivo de las normas y estándares es el de controlar la cantidad de un determinado microorganismo en el agua, siendo este microorganismo la causa de una enfermedad específica o un indicador de las condiciones dentro de las cuales de podría transmitir esa enfermedad (Jones, 1998).

Los agentes patógenos transmitidos por el agua constituyen un problema mundial que demanda un urgente control mediante la implementación de medidas de protección ambiental a fin de evitar el incremento de las enfermedades relacionadas con la calidad del agua (Vargas, 1996).

2.3.2 Métodos de análisis para la evaluación de la calidad del agua

Según **Guevara (1996)**, la evaluación de la calidad del agua se realiza mediante una serie de análisis de laboratorio dirigidos a conocer cualitativa y cuantitativamente, las características físicas, químicas y biológicas más importantes que pueden afectar, su uso real y potencial, como el tipo de tratamiento para un adecuado acondicionamiento. A fin de garantizar la confiabilidad de los resultados, que arrojen tales análisis de laboratorio, las técnicas y procedimientos deben haber sido cuidadosamente desarrollados, evaluados y con los niveles de sensibilidad requeridos, además se deben establecer un conjunto de normas y procedimientos para la correcta captación, traslado y preservación de muestras de agua, así como también debe tenerse cuidado en las unidades y terminología usada.

Es de suma importancia destacar que los resultados de los exámenes de laboratorio no tienen validez si la muestra es captada sin cumplir la normativa sobre criterios y técnicas de muestreo, puesto que es condición indispensable que la muestra sea lo más representativa posible del agua en estudio.

La Asociación Americana de Salud Pública (American Public Health Association, APHA), la Asociación Americana de Abastecimiento de Agua (American Water Works Association, AWWA) y la Federación para el control de la Polución de las Aguas (Water Pollution Control Federation, WPCF), han establecido normas internacionales para la caracterización de la calidad del agua (APHA-AWWA-WPCF, 1992), las cuales se encuentran incluidas en los denominados "Métodos Normales para el Examen de las Aguas Residuales" (Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater), de común adopción por numerosos países en todo el mundo.

En base a lo recomendado en estas normas internacionales, han surgido diversos criterios, métodos y técnicas de análisis, que permiten el estudio adecuado de los distintos parámetros, desde el proceso inicial de captación de las muestras hasta la interpretación correcta de los resultados obtenidos. Los exámenes pueden ser físicos, químicos y biológicos.

2.3.3 Determinación de coliformes totales y fecales

Los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales, capaz de fermentar la lactosa a 44° C en vez de 37 °C como lo hacen los totales. Aproximadamente el 95% del grupo de los coliformes presentes en heces están formados por *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*; ya que los

coliformes fecales se encuentran casi exclusivamente en las heces de los animales de sangre caliente, se considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal. Éstos últimos se denominan termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas. Esta es la característica que diferencia a coliformes totales y fecales. La capacidad de los coliformes fecales de reproducirse fuera del intestino de los animales homeotérmicos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad; desde hace mucho tiempo se han utilizado como indicador ideal de contaminación fecal, su presencia se interpreta como una indicación de que los organismos patógenos pueden estar presentes y su ausencia indica que el agua se halla exenta de organismos productores de enfermedades. **(Guevara 1996)**,

■ **Método de los tubos múltiples**

Deben ser consideradas tres etapas: la prueba presuntiva, prueba confirmativa y prueba complementaria.

En la prueba presuntiva la actividad metabólica de las bacterias es estimulada vigorosamente y ocurre una selección densa de los organismos que utilizan la lactosa después de la incubación a 35°C, un cultivo de cada tubo gas positivo se transfiere a un tubo de medio para la prueba confirmativa, esta prueba reduce la posibilidad de resultados gas positivos que pueden ocurrir por la actividad metabólica de los organismos formadores de esporas o por la producción sinérgica de gas debido a que algunas capas bacterianas no pueden, individualmente, producirlo a partir de la fermentación de la lactosa. Es ocasionalmente necesario aislar estas bacterias productoras de gas e identificarlas como coliformes por la prueba complementaria para verificar que esta prueba confirmativa ha eliminado selectivamente todos los tubos con resultados falsos positivos. **(Guevara 1996)**.

Prueba presuntiva:

Puede ser aplicada, sin confirmación en exámenes de rutina de muestras obviamente contaminadas, no destinadas al consumo humano (por ejemplo aguas residuales crudas y aguas residuales tratadas no cloradas).

1. Preparar tres series sucesivas de 5 tubos con caldo lactosado, una de doble concentración y las otras dos de concentración sencilla.
2. Etiquetar las series con 10, 1 y 0.1 mL.
3. Agitar vigorosamente la muestra por lo menos 20 veces antes de tomar el volumen que se va a inocular, a efecto de homogeneizar.

4. Antes y después de realizar las inoculaciones, la boca del frasco de la muestra deberá ser flameada con objeto de evitar contaminación.
5. Inocular con una pipeta de 10 mL este volumen de muestra en la serie de tubos con caldo de doble concentración, con otra pipeta de 1 ml para 1 ml de muestra en la segunda serie de tubos con concentración sencilla.
6. Igualmente con la misma pipeta podrá inocularse la tercera serie de tubos con 0.1 ml de muestra. Normalmente, siempre que no se sospecha que el agua contenga elevada carga bacteriana, solo se inoculan estas tres primeras series de tubos. En caso contrario, será necesario inocular otras series y por lo tanto, realizar diluciones de la muestra original.
7. Incubar todos los tubos a una temperatura de 35 °C durante 24-48 horas.
8. Después de 24 horas de incubación efectuar una primera lectura para observar si hay tubos positivos, es decir, con producción de ácido, si el medio contiene un indicador de pH, turbidez y producción de gas en la campana Durham.
 - Al hacer esta verificación es importante asegurarse que la producción de gas sea resultado de la fermentación de la lactosa en cuyo caso se observará turbidez en el medio de cultivo y no confundir con burbujas de aire.
 - Para evitar este tipo de confusiones es recomendable revisar las campanas Durham antes de proceder a la inoculación y desechar aquellos que contengan burbujas de aire ó de alguna manera eliminar éstas y así poder utilizarlos.
9. De los tubos que en esta primera lectura den positivos, ya se pueden hacer las pruebas confirmatorias para coliformes totales y coliformes fecales.
10. En caso de no apreciarse alguno o todos los cambios mencionados en el resto de los tubos, continuarán en incubación 24 horas más.
11. Después de 48 horas (\pm 2h) a partir de la inoculación, se hace la lectura final.
12. Si pasadas estas 48 h tampoco se aprecia turbidez ni producción de gas, los tubos se toman como negativos.

Interpretación:

Si el total de tubos son negativos: El examen se da por terminado, reportando la ausencia de coliformes totales y fecales en la muestra analizada.

Todos aquellos tubos que den positivos para prueba presuntiva se anotarán convenientemente y se procederá a realizar la prueba confirmatoria para Coliformes Totales y Fecales (**Universidad Autónoma Metropolitana, 2009**).

Prueba confirmatoria para coliformes totales:

1. A partir de cada uno de los tubos que han resultado positivos en la prueba presuntiva, agitándolos previamente para homogeneizar, inocular con tres asadas tubos conteniendo caldo Lactosa Bilis Verde Brillante (LBVB).
2. Incubar durante 48 ± 3 h a 35 ± 0.5 °C.
3. Después de la incubación observar la presencia de turbidez y de gas.

Interpretación:

- Si se observa turbidez y producción de gas:

La prueba se considera positiva, debiendo anotar el número de tubos positivos para posteriormente hacer el cálculo del NMP.

- Si en ninguno de los tubos se observa producción de gas, aun cuando se observe turbidez:

Se consideran negativos, estableciéndose el Código 0,0,0 para efecto del cálculo del NMP.

Prueba confirmatoria para coliformes fecales:

1. A partir de cada uno de los tubos que han resultado positivos en la prueba presuntiva, agitándolos para homogeneizar, inocular con tres asadas tubos conteniendo caldo E.C. (*Escherichia coli*).
2. Incubar durante 24 horas a 44 ± 0.5 °C, observar presencia de turbidez y gas.

Interpretación:

- Si se observa turbidez y producción de gas:

La prueba se considera positiva, debiendo anotar el número de tubos positivos para posteriormente hacer el cálculo del NMP.

- Si no se observa producción de gas, aun cuando se observe turbidez:

Se reporta la ausencia de coliformes fecales.

(Universidad Autónoma Metropolitana, 2009).

2.4 Índice de calidad del agua

El aumento en los niveles de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas ha generado la necesidad de cuantificar y evaluar la calidad de los cuerpos de agua. Por otra parte, debido a las diferencias de interpretación entre los encargados de tomar decisiones, los expertos en el tema y del público en general, existe un esfuerzo creciente para desarrollar un sistema indicador que agrupe los parámetros contaminantes más representativos dentro de un marco de referencia unificado. El monitoreo de un cuerpo de agua para detectar su grado de contaminación, conduce a obtener una inmensa cantidad de datos de varios parámetros, incluso dimensionalmente distintos, que hace difícil detectar patrones de contaminación.

El Índice de Calidad del Agua (ICA) indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresado como porcentaje del agua pura.

El Índice de Calidad del Agua (ICA), como forma de agrupación simplificada de algunos parámetros, indicadores de un deterioro en calidad del agua, es una manera de comunicar y evaluar la calidad de los cuerpos de agua. Sin embargo, para que dicho índice sea práctico debe de reducir la enorme cantidad de parámetros a una forma más simple, y durante el proceso de simplificación algo de información se sacrifica. Por otro lado si el diseño del ICA es adecuado, el valor arrojado puede ser representativo e indicativo del nivel de contaminación y comparable con otros para enmarcar rangos y detectar tendencias (**León 2005**).

Los índices de calidad del agua son expresiones simplificadas de un conjunto complejo de variables y resultan ser eficaces para transmitir información sobre calidad del agua, a quienes toman decisiones y al público también. Existen índices de calidad del agua, como índices biológicos o índices que utilizan indicadores físicos y químicos (**Salazar 2009**).

2.5 Muestreo de aguas

Según el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (**IMTA, 2004**). El objeto del muestreo es coleccionar una porción del material (muestra), cuyas características sean representativas de aquellas que pertenecen al material del cual se tomó la muestra.

Esto implica que la proporción o concentración relativa de todos los componentes serán las mismas en las muestras que en el material de donde proceden, y que dichas muestras serán manejadas de tal forma que no se

produzcan alteraciones significativas en su composición antes de que se hagan las pruebas correspondientes.

La calidad de los resultados depende de las siguientes actividades:

- Formular los objetivos particulares para el programa de muestreo.
- Colectar muestras representativas.
- Manejar adecuadamente la muestra y su preservación.
- Observar los lineamientos de aseguramiento y control de calidad en el campo.
- Analizar apropiadamente las muestras.

El Ministerio de Salud, a través de la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA, en calidad de Autoridad Sanitaria y en cumplimiento al mandato establecido por el Decreto Ley N° 17752 “Ley General de Aguas”, como responsable de la preservación, monitoreo y control de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos, viene ejecutando desde el año 1999 el Programa Nacional de Vigilancia de la Calidad de los Recursos Hídricos, cuyo objetivo fundamental es la preservación sanitaria y ambiental de la calidad de los recursos hídricos a fin de lograr la salud de la población, asegurar la calidad de las aguas en beneficio de las actividades productivas y mantener el equilibrio ecológico en los hábitat acuáticos. El monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos se ejecuta a través de la red de vigilancia conformada por la DIGESA y las Direcciones Ejecutivas de Salud Ambiental (DESA's) del país quienes se encargan de la parte operativa llevando a cabo el cumplimiento del “Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de recursos hídricos”, priorizando el uso del recurso a monitorear (fuente de abastecimiento de población; preservación del recurso hídrico de impactos potenciales; la actividad industrial y/o antropogénica), la misma que deberá ser detallada en forma concreta y sustentada. El protocolo tiene como objetivo establecer procedimientos utilizados en la ejecución del Programa Nacional de Vigilancia de la Calidad de los Recursos Hídricos de la Autoridad Sanitaria – DIGESA para evaluar la calidad sanitaria, asimismo sirve como instrumento oficial de trabajo para el usuario en general.

2.5.1 Frecuencia de muestreo

Guevara (1996), sostiene que la frecuencia de muestreo, puede afectar el grado de representatividad cuando el intervalo seleccionado no permita la detección de cambios importantes de las características de calidad de las aguas, por lo que es recomendable establecer una frecuencia mínima de

muestreo, que además de evidenciar tales cambios, sea razonable desde el punto de vista práctico y económico.

Un factor determinante en la frecuencia de muestreo, lo constituye la variabilidad de la composición físico-químico de las aguas, la cual a su vez está condicionada por factores geológicos, biológicos, humanos. Si la variabilidad es significativa durante el año, el muestreo deber ser más frecuente e incluso se puede requerir un registro continuo para poder describir adecuadamente los parámetros de estudio; si por el contrario la variabilidad es pequeña o poco significativa, la frecuencia se puede establecer en forma estacional o limitarse la misma a comprobaciones periódicas.

En términos generales la variabilidad de los factores de calidad en las aguas superficiales es más acentuada y más rápida que la que presentan las aguas subterráneas. Para el caso de las aguas superficiales donde el flujo es controlado por la precipitación o se mantiene constante por alimentación subterránea, la frecuencia mensual podría ser la más recomendable.

De manera general, los cambios en la composición fisicoquímica de las aguas subterráneas son lentos y poco significativos, no obstante, en algunos casos los mismos pueden ser muy acentuados como resultado de cambios en el ciclo hidrológico debido a las variaciones en los ratios de cargas o descarga de los acuíferos, o bien la infiltración de aguas superficiales.

En relación al muestreo de aguas subterráneas, dada la naturaleza relativamente estable de las mismas, los programas mensuales, estacionales pueden detectar los cambios en la calidad del agua de estas fuentes.

La frecuencia de muestreo se establece de acuerdo a la estacionalidad debiéndose realizar el muestreo en época de avenida y época de estiaje, pudiendo ampliar la frecuencia de acuerdo a los impactos negativos que se generan en los recursos hídricos y población; así como la disponibilidad de recursos económicos necesarios para la ejecución del monitoreo y análisis de laboratorio (MINSA 2007).

2.5.2 Toma de muestra

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2004), manifiesta, que es conveniente revisar el tipo de recipiente a utilizar por parámetro a evaluar, así

como el volumen mínimo de muestra necesario, los procedimientos de preservación y el tiempo que puede mantenerse la muestra preservada.

Para la toma de muestras en ríos evitar las áreas de turbulencia excesiva, considerando la profundidad, la velocidad de la corriente, y la distancia de separación entre ambas orillas.

Si se dispone del equipo adecuado, se hará una toma integral desde la superficie al fondo en la zona media de la corriente o de un lado a otro a una profundidad media, de forma que la muestra esté integrada en relación con el flujo. Si sólo puede tomarse una muestra menor, se hará en el centro de la corriente a una profundidad media.

Para la toma de muestras en lagos y pantanos que presentan considerables variaciones debidas a causas normales, como la estratificación estacional, la cantidad de lluvia, las descargas y el viento, se evitará la presencia de espuma superficial.

El frasco de muestreo se colocará en dirección opuesta al flujo e independientemente del tipo de muestreo que utilice, deberá enjuagar dos o tres veces el envase con el agua que se va a recoger (a menos que el envase contenga un preservante), teniendo en cuenta que para la mayoría de los análisis orgánicos, el llenado de los envases es completo, en tanto que para los análisis microbiológicos se dejará un espacio para aireación y mezcla. En el caso de las muestras que deban ser transportadas, lo mejor es dejar un espacio de aproximadamente 1% de la capacidad del envase (espacio de cabeza) para permitir la expansión térmica.

Para prevenir confusiones en la identificación de las muestras, se deberá colocar en cada envase la etiqueta correspondiente después de la toma de muestra, en la que indique claramente, con tinta a prueba de agua, lo siguiente: número de muestra, origen y punto de muestreo, fecha, hora, lugar de ubicación y/o preservación realizada, incluyendo además el nombre del responsable del muestreo. Posteriormente se efectuarán las lecturas de los parámetros de campo (Temperatura, Oxígeno Disuelto, Potencial de Hidrógeno y Conductividad).

Las muestras colectadas deberán conservarse en cajas térmicas a una temperatura de refrigeración (4°C) disponiendo para ello de conservantes de temperatura (Ice pack, hielo seco u otros). Además los envases deberán ser colocados en forma ordenada a fin de evitar los daños, quebraduras o derrames.

Registrar toda la información referente a las observaciones de campo en un cuaderno apropiado, que incluya lo siguiente: propósito del muestreo, localización de la estación de muestreo, o del punto de muestreo si se trata de un efluente doméstico e industrial. Si se trata de una muestra de aguas residuales, identificar el proceso que produce el efluente.

2.5.3 Manipulación y preservación de la muestra

Según el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2004); el recipiente utilizado, el volumen mínimo de muestra, la preservación y el tiempo de análisis se muestran en cuadro N° 1.

Cuadro N° 1: Tiempo de almacenamiento, preservación y volumen de muestra

PARAMETRO	RECIPIENTE P Polietileno V Vidrio	VOL. MINIMO MUESTRA	TIPO MUESTRA	PRESERVACION	TIEMPO LIMITE DE ANALISIS
Alcalinidad	P, V	500 ml	Simple	4°C, sin espacio libre	24h
DBO	P, V	1000 mL agua clara 100mL agua residual	Simple		24h
DQO	V	100 mL	Simple, compuesta	4°C y H ₂ SO ₄ pH< 2	28d
Grasas y aceites	V y boca ancha	1000 mL, ¾ partes del frasco	Simple	4°C y HCl	28d
Nitrógeno Total	P, V	500 mL	Simple, compuesta	4°C y H ₂ SO ₄ pH< 2	28d
Nitrógeno amoniacal	P, V	500 mL	Simple, compuesta	4°C y H ₂ SO ₄ pH< 2	7d
Nitratos	P, V	100 mL	Simple, compuesta	4°C y H ₂ SO ₄ pH< 2	48h
Nitratos + Nitritos	P, V	200 mL	Simple, compuesta	4°C y H ₂ SO ₄ pH< 2	28d
Nitritos	P, V	100 mL	Simple, compuesta	4°C	48h
Fósforo orto	P, V	100 mL	Simple	4°C	24h
Fósforo Total	P, V	100 mL	Simple	4°C	28d
Oxígeno disuelto	V, frasco Winkler	300 mL	Simple	MnSO ₄ , Alkali yoduro, H ₂ SO ₄	28hr
Sólidos suspendidos Totales	P, V	100 mL agua residual 500 mL agua clara	Simple, compuesta	4°C	7d
Sólidos suspendidos Volátiles	P, V	200 mL	Simple, compuesta	4°C	7d
Coliformes	P, V esterilizados	300 mL	Simple	4°C	24h

Fuente: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2004

El Ministerio de Salud (MINS) 2007; a través de la Dirección General de Salud Ambiental; considera los procedimientos para la manipulación de muestras, así como la cantidad y tipo de preservante según, se encuentra detallado en el cuadro N° 2.

Cuadro N° 2: Manipulación de muestras, cantidad y tipo de preservante

Parámetro	Tipo de frasco	Volumen de Muestra	preservación	Tiempo de almacenaje
Color	P o V	500 mL	Refrigerar a 4°C	48h
Conductividad	P o V	500 mL	Refrigerar a 4°C	28días
Acidez	P o V(B)	100 mL	Refrigerar a 4°C	24h-14d
Turbiedad	P o V	100 mL	Refrigerar a 10°C	48 horas
Alcalinidad	P o V	200 mL	Refrigerar a 4°C	48 horas
Dureza	P o V	100 mL	Agregar HNO ₃ hasta pH< 2	6 meses
Sólidos	P o V	1000 mL	Refrigerar a 4°C	2 - 7 días
Cloro residual	P o V	500 ml	Analizar inmediatamente	2 horas
Cloruros	P o V	100 mL	Refrigerar a 4°C	7 días
Fluoruros	P	300 mL	Refrigerar a 4°C	7 días
Sulfatos	P o V	100 mL	Refrigerar a 4°C	25 días
Cianuros	P o V	250 ml	Refrigerar, agregar NaOH, hasta pH >12	14 días en CN//24horas en presencia de S ⁺
Oxígeno disuelto	V	300 mL	Analizar in mediatamente	30 min
DBO	P o V	1000 mL	Refrigerar a 4°C	6h – 24 días
DQO	P o V	200 mL	Refrigerar, agregar H ₂ SO ₄ hasta pH< 2	28 días
Aceites y grasas	V	1000 mL	Refrigerar, agregar H ₂ SO ₄ hasta pH< 2	24h – 28 días
Hidrocarburos			Refrigerar, agregar HCl hasta pH< 2	7 días
Nitrógeno	P o V	250 mL	Refrigerar, agregar H ₂ SO ₄ hasta pH< 2	23 días
Nitrógeno Amoniacal		500 mL		24 horas
Nitrógeno orgánico		250 mL		28 días
Nitratos	P o V	100 mL	Refrigerar, agregar H ₂ SO ₄ hasta pH< 2	28 días
Nitritos	P o V	100 mL	Refrigerar a 4°C	48 horas

Fósforo total Fósforo soluble	P o V		Refrigerar, agregar H ₂ SO ₄ hasta pH< 2	24 horas
Fósforo hidrolizable	P o V	200 mL	Refrigerar, agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<1.5	24 horas
Cd, Cu, Cr, Mn, Pb, Zn, Fe	P o V P o V	500 mL 100 mL	Agregar HNO ₃ hasta pH<2	6 meses 6 meses
Arsénico			Refrigerar, agregar HNO ₃ hasta pH<2	
Mercurio	V	100 mL	Agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2	28 días
Bacterias heterotróficas	*V/P	200 mL	Refrigerar a 4°C	24 horas
Coliformes total y fecal (NMP)	P(E) o V	200 mL	Refrigerar a 4°C	24 horas

Fuente: Adaptado para el Perú de los Métodos Normalizados Para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. CEPIS.

P = Plástico (tipo polietileno o similar); V(A) = Vidrio enjuagado con Ácido; V = Vidrio; P(E)=Plástico Esterilizado; V(E) = Vidrio Esterilizado; P(A) = Plástico enjuagado con Ácido; V(B) = Vidrio Borosilicato

2.5.4 Rotulación de la muestra

El Ministerio de Salud (MINSA 2007), considera que la muestra debe de llegar al laboratorio con una identificación o etiquetado numerada. Los frascos y contenedores deberán ser rotulados correctamente; la rotulación se realizará en el frasco y no en la tapa; cada caja de muestras debe portar su cadena de custodia correspondiente.

Antes de la toma de muestra deberá codificarse el número de muestra que se está tomando, con la finalidad de poner la etiqueta después de haber tomado la muestra.

2.5.5 Transporte y seguridad

En cuanto al transporte y seguridad, **MINSA (2007)**, así como el modo de embalar los frascos son determinados antes de iniciar los trabajos de campo; el uso de materiales esponjosos debe colocarse entre los frascos con la finalidad de evitar la vibración y ruptura entre las mismas, los frascos deberán mantenerse en posición vertical dentro del contenedor que los aloja.

Las muestras se deben entregar al laboratorio en el menor tiempo posible preferentemente dentro de las 24 horas de realizado el muestreo; en caso de que las muestras sean enviadas por correo o a través de una agencia, se deben

incluir el oficio correspondiente, adjuntando las fichas (tarjetas de control de muestras) de ingreso al laboratorio, las mismas que deberán ser llenadas una por cada muestra colectada.

Cadena de custodia. La cadena de custodia se refleja en los documentos en donde se registra toda la información relevante para asegurar la integridad de la muestra desde la recolección hasta el reporte de resultados por parte del laboratorio. La importancia de contar con este documento radica en prevenir la falsificación y/o alteración de los datos de campo, así como para definir la cantidad y tipo de análisis requeridos, el tipo de pre tratamiento al que ha sido sometido, la fecha y hora de muestreo, el número de frascos remitidos por punto de muestreo, la fecha y hora de remisión, la identificación del responsable del muestreo y todo lo relacionado con la recepción por parte del laboratorio.

2.6 Caracterización de los residuos sólidos generados en la ciudad de Tarapoto

Según Lozano, (2009). Para poder caracterizar los residuos sólidos generados en la ciudad de Tarapoto dividió a la población en tres estratos: estrato I, (Comercial) constituido por viviendas ubicadas en el sector cercado con 1180 viviendas, los pobladores tienen un ingreso promedio mensual por hogar superior al sueldo mínimo legal; estrato II, (Medio) constituido por viviendas ubicadas en el perímetro de las dos cuadras siguientes al cercado de la ciudad con 1020 viviendas, el ingreso promedio mensual por hogar es igual o poco mayor al sueldo mínimo legal; estrato III, (Bajo) constituido por viviendas ubicadas en el sector Atumpampa, con 1628 viviendas, el ingreso promedio mensual por hogar está por debajo del sueldo mínimo legal.

2.6.1 Producción per cápita

En el análisis estadístico para la producción per cápita el resultado arroja los siguientes resultados: Estrato I la producción per cápita promedio diario es de 0.524 kg, en el estrato II la producción es de 0.615 kg/persona y en el estrato III es de 0.555 kg/persona. Aplicando un intervalo de confianza para el promedio de la población del 95% (o con una probabilidad de 0.95), se espera que el promedio de generación per cápita en la población esté entre 0.404 y 0.625 kg/persona.

2.6.2 Composición física

Según el estudio realizado, la composición de los residuos sólidos en los estratos I, II y III es: orgánicos 86.21%, plásticos 4.75%, papel y cartón 3.45%, metales 1.85%, vidrio 0.76, material inerte 2.38%, caucho y cueros 0.30%, y en otros 0.30% con mayor porcentaje se encuentra en orgánicos, plásticos, papel y cartón en los tres estratos.

2.6.3 Humedad

La humedad de los residuos sólidos en el estrato I es de 88%, en el estrato II 78% y el estrato III 92.2% de humedad, siendo el promedio de 86%

2.6.4 Densidad

La densidad de los residuos sólidos domiciliarios en el estrato I se determinó en 190.1kg/m³, en el estrato II 246.6 kg/m³, el estrato III 175.9 kg/m³ y en el promedio total de 215.5 kg/m³.

2.7 Diferencia entre un botadero de residuos sólidos y un relleno sanitario

Un botadero es el lugar donde se disponen los residuos sólidos sin ningún tipo de control; los residuos no se compactan ni cubren diariamente y eso produce olores desagradables, gases y líquidos contaminantes. Muchas veces en los botaderos existen segregadores y recicladores y criadores de cerdos que ponen en riesgo la salud y contaminan el ambiente.

El relleno sanitario es una alternativa comprobada para la disposición final de los residuos sólidos. Los residuos sólidos se confinan en el menor volumen posible, se controla el tipo y la cantidad de residuos, hay ventilación para los gases, se evitan los olores no deseados y hay drenaje y tratamiento de los líquidos que se generan por la humedad de los residuos y por las lluvias. **(CONAM/CEPIS/OPS, 2004).**

2.8 Impacto ambiental de los residuos sólidos

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

Los contaminantes pueden surgir como gases en el aire y suelos o como lixiviados en las aguas superficiales y subterráneas. Si no se detecta contaminación en la zona del vertedero, es importante definir la ruta de movimiento del contaminante, el camino, desde el vertedero hasta el punto de detección. En el caso de las aguas superficiales, el camino es a menudo es el canal de un riachuelo o una superficie erosionada; para las aguas subterráneas normalmente, el camino es el acuífero superior de las aguas subterráneas. Una vez establecido el camino, la práctica común es identificar todas las actividades, humanas y otras a lo largo del camino para poder completar una valoración de los impactos de los contaminantes. Igualmente importante en el control del movimiento del lixiviado es la gestión de todas las aguas superficiales, incluyendo la lluvia, la escorrentía, los arroyos intermitentes y los manantiales artesianos. (Tchobanoglous *et al*, 1994).

Los Vertederos de Residuos Sólidos Urbanos (V.R.S.U.) no controlados tienen una consecuencia medioambiental inmediata en su entorno. Su impacto se ha estudiado desde distintas disciplinas científicas, LISK (1991), pero donde se ha puesto más énfasis en su estudio ha sido en la contaminación de aguas subterráneas. La mayoría de los estudios sobre contaminación de acuíferos por lixiviados de V.R.S.U. se han realizado en acuíferos detríticos, CHERRY (1983), ya que el carácter relativamente homogéneo permite un mejor conocimiento de su funcionamiento hidrogeológico.

Ecorgánicas (2009), afirma que el Impacto ambiental es un conjunto de efectos positivos y negativos que una actividad económica, en marcha o proyectada, ejerce sobre el nivel de vida y el ambiente físico de su zona de influencia.

La cuestión de los residuos afecta en general y de forma horizontal a todas las actividades, personas y espacios, convirtiéndose en problema no sólo por lo que representa en términos de recursos abandonados sino por la creciente incapacidad para encontrar lugares que permitan su acomodo correcto desde un punto de vista ecológico. Los efectos negativos se dan sobre diferentes factores ambientales:

Agua.

- Producción de lixiviados y fenómenos de escorrentía con el consiguiente peligro de contaminación de los mantos acuíferos.
- Contaminación por descarga puntual de cuerpos de aguas superficiales utilizados como receptores.

- Contaminación por escorrentías hacia quebradas, sistemas de riego, embalses, lagunas, humedales, mar, etc.
- Taponamiento de quebradas, cañadas, acequias, aliviaderos, sistemas de drenajes.
- Lixiviación de productos químicos, pesticidas vertidos de envases y restos que quedan en los recipientes vertidos al suelo que llegan a afectar acuíferos superficiales y subterráneos.
- Contaminación de acuíferos subterráneos como consecuencia de percolación de lixiviados, provenientes de botaderos y rellenos sin control.
- Como consecuencia de la contaminación de las aguas, los recursos hídricos superficiales disminuyen el O_2 disuelto y aumentan los nutrientes como N y P, debido a las concentraciones de materia orgánica, ocasionando procesos de eutrofización.
- La contaminación química por residuos industriales, ocasiona pérdida del recurso para consumo humano o recreación, deteriorando el paisaje y destruyendo la fauna acuática.
- La contaminación de los recursos hídricos subterráneos trae riesgos para la salud por contaminación con nitritos y otras sustancias químicas.

Deterioro del paisaje

- La contaminación del paisaje consigo la disminución de la calidad de vida en términos del espacio y del horizonte, además de afecciones graves sobre el paisaje, acentuados por el vertimiento indiscriminado de residuos sólidos.

Flora y Fauna

- Alteraciones de comunidades vegetales como consecuencia de la aparición indiscriminada de vertederos incontrolados.
- Contaminación de pastos y forrajes para la alimentación animal.
- Modificación o disminución de la cubierta vegetal y por tanto, peligro de erosión del suelo.
- Generación de focos de infección como consecuencia de acumulación de materia orgánica
- Animales de consumo domestico alimentados con residuos y desechos vegetales en contacto con residuos industriales, con los consiguientes peligros de incorporación de pesticidas y tóxicos al metabolismo animal y posterior transmisión al hombre mediante leche y carne.
- Incremento de plagas de insectos y roedores.

- Cambios de pauta de alimentación de determinadas especies animales

Suelo

- Los suelos se han contaminado como consecuencia del vertido indiscriminado de residuos: plásticos, pesticidas, residuos orgánicos.
- Intoxicación de los suelos, incremento de la carga de microorganismos patógenos, erosión del suelo.

Aire

- El gas metano, resultante de los procesos de fermentación anaeróbica (en ausencia de oxígeno) de la materia orgánica supone el 50% de las emisiones de gases producidas en los vertederos.
- Otros gases emitidos en los vertederos son el cloruro de vinilo, benceno, tricloroetileno y cloruro de metilo de efectos tóxicos o cancerígenos. Durante los incendios accidentales o provocados se liberan a la atmósfera sustancias altamente tóxicas como las dioxinas, al arder productos clorados, en especial los plásticos de cloruro de polivinilo (PVC) de amplio uso (envases de alimentos y bebidas, embalajes, juguetes, tuberías, etc.). Como consecuencia de la combustión de los productos clorados, se emite también ácido clorhídrico, que ocasiona afecciones respiratorias e irritación de las mucosas
- Combustión espontánea en botaderos a cielo abierto
- Quemadas indiscriminadas de residuos, combustibles y no combustibles: envases, cauchos, espumas.
- Generación de malos olores como consecuencia de la biodegradación de residuos orgánicos.
- Dispersión de materiales plásticos, textiles, papeles, etc., por la acción del viento.
- Contaminación del aire por malos olores, humos, gases y partículas en suspensión por quemadas y arrastre de los vientos.

Economía

- Depreciación de productos y caída de mercado de productos agrícolas.
- Deficiente calidad y mala gestión de productos hortofrutícolas.
- Desaprovechamiento de subproductos y nuevos recursos generados del aprovechamiento y tratamiento de los residuos agrícolas.
- Desvalorización de terrenos y propiedades.
- Pérdida del potencial recuperable de los residuos.

- Deficiente manejo de una empresa influye negativamente en su competitividad dentro del sector agroalimentario que cada vez exige una calidad de los procesos productivos y de sus riesgos están presentes en la producción y uso de los bienes, en el manejo de los desechos y residuos, disposición de los residuos.

Sociales

- Los actores de la comunidad expuestos al inadecuado manejo de los residuos son la comunidad en general, en particular según sus ocupaciones.
- Los trabajadores involucrados en el manejo, transporte y disposición final de los residuos.
- Los recicladores y sus familias en permanente convivencia con los riesgos presente en los residuos.

Salud

Factores que afectan la salud:

- **Olor:** causa malestar, cefaleas y náuseas. • **Ruido:** provoca la pérdida parcial o permanente de la audición, cefalea, tensión nerviosa, estrés e hipertensión arterial-
- **Polvo,** responsable de molestias y pérdida momentánea de la visión y problemas respiratorios y pulmonares. • **Estética,** la visión desagradable de los residuos puede causar molestias y náuseas. • **Vibración,** puede provocar lumbalgia dolores de cuerpo, estrés. • **Objetos cortantes y punzantes,** pueden provocar heridas y cortes.
- **Microorganismos patógenos,** generan riesgos de infecciones.
- **Sustancias químicas,** riesgos de intoxicación, envenenamiento, alergias.

Según **CONAM/CEPIS/OPS (2004)**; el manejo inadecuado de los residuos, especialmente la disposición final deficiente, conlleva a riesgos ambientales que se convierten en riesgos a la salud de corto y largo plazo. Pueden tener las siguientes causas:

- Alteración de la calidad del suelo debido a su contaminación con agentes patógenos procedentes de laboratorios clínicos, hospitales, centros de salud y clínicas particulares, que pueden sobrevivir o reproducirse en suelos ricos en materia orgánica.
- Transmisión de diferentes tipos de zoonosis por artrópodos y roedores que viven en los botaderos.

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

Tales problemas están directa o indirectamente vinculados a la calidad de la salud. La multicausalidad del origen de las enfermedades impide establecer una relación directa y cuantitativa entre el inadecuado manejo de residuos sólidos y la salud.

Sin embargo, se reconoce que el manipuleo inadecuado de los residuos contribuye a la generación y propagación de numerosas enfermedades y problemas de salud.

2.14 Contaminación por lixiviados

Los lixiviados son todos aquellos líquidos que han entrado en contacto con los desechos de rellenos sanitarios, y se producen por la disolución de uno o más compuestos de los residuos sólidos urbanos en contacto con el agua, o por la propia dinámica de descomposición de los residuos (**Álvarez, 1998**).

En la mayoría de vertederos el lixiviado está formado por el líquido que entra en el vertedero desde fuentes externas (drenaje superficial, lluvia, aguas subterráneas, aguas de manantiales subterráneos), y en su caso el líquido producido por la descomposición de los residuos **(Tchobanoglous, et al. 1998)**.

El lixiviado generado en un relleno sanitario es producto de múltiples factores, tales como: composición de la basura, edad del relleno, balance de agua, diseño y operación del relleno sanitario, solubilidad de los desechos, procesos de conversión microbiológica y química y la interacción del lixiviado con el medio ambiente. El caudal generado varía de acuerdo con el estado de avance y el tipo de operación del relleno, y la composición también varía en el tiempo **(Pineda, 1998)**.

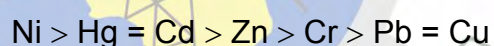
Dentro de los factores que condicionan la generación de los lixiviados, en cuanto a volumen y características físico-químicas, cabe destacar cuatro circunstancias determinantes: 1) Entradas de agua a la masa de vertidos; 2) Características (tipología y cantidades) de los residuos depositados: contenido en humedad; 3) Condiciones de sellado (final e intermedio) de la superficie del relleno; 4) Características del vaso del relleno (terreno sobre el que se asienta). Básicamente estos cuatro puntos inciden en los factores de entradas de agua, capacidad de retención del agua en la masa de residuos y la degradación de los propios residuos depositados **(Fuertes, 2001)**.

Fernández (2006), afirma que la materia orgánica presente en los residuos sólidos urbanos (RSU) se degrada formando un líquido contaminante, de color negro y de olor muy penetrante, denominado lixiviado. Además, este líquido arrastra todo tipo de sustancias nocivas: Se han encontrado hasta 200 compuestos diferentes, algunos de ellas tóxicos y hasta cancerígenos. La humedad de los residuos y la lluvia son los dos factores principales que aceleran la generación de lixiviados.

El lixiviado es el líquido que tiende a acumularse en el fondo del vertedero y que resulta del agua de lluvia y de escorrentía que puedan entrar dentro del vaso del vertedero, del agua contenida en los residuos y de la producida en la descomposición. Contiene sustancias orgánicas disueltas (elevada DBO y DQO), nutrientes (N y P) y sales (elevada conductividad eléctrica); puede también presentar metales pesados y agentes infecciosos.

Los indicadores químicos que más frecuentemente y con mayor intensidad se incrementan en las aguas de lixiviación con respecto a las aguas limpias de entrada al vertedero son: sólidos en suspensión, conductividad, DQO, DBO₅, NH₃, NO₂, NO₃, nitrógeno Kjeldahl, cloruros, fósforo, y hierro. Así mismo se encontrarán metales pesados en mayor o menor proporción cuando dichos metales estén presentes entre los componentes de la basura. También hay que tener en cuenta que los lixiviados salen normalmente con un importante nivel de contaminación biológica y pueden estar contaminados con microorganismos patógenos (**Fuertes, 2009**).

Trejo (1999), afirma que según estudios realizados en los Estados Unidos, sobre los principales constituyentes de lixiviados en rellenos sanitarios incluye una lista de más de 40 compuestos orgánicos, que dependen de los residuos sólidos depositados. Los contaminantes más importantes en el lixiviado son DBO, DQO, cloruros y nitratos. Por otra parte, en un estudio que se realizó en el reino Unido, con 20 sitios, además de experimentos de laboratorio con columnas a escala de piloto a modo de rellenos, determinó que la movilidad de los metales pesados decrece en la proporción siguiente:



Morlans (2009), afirma que hoy en día las aguas subterráneas poseen una gran importancia debido a que gran parte del agua que el hombre consume proviene de los acuíferos, inclusive en algunas localidades es la única forma de obtener agua dulce. Uno de los problemas que debe enfrentar la obtención de agua para el consumo desde acuíferos es la contaminación por causas antropogénicas. Algunos tipos de esta contaminación son por fertilizantes, establecimientos industriales, pozos sépticos, intrusión salina, rellenos sanitarios, etc.

En muchas zonas del mundo se opta por utilizar aguas subterráneas para el consumo debido a que no hay acceso a agua dulce superficial o este es muy agotado. Cuando estos pozos se encuentran cerca de zonas urbanas existe la posibilidad de que las aguas extraídas estén contaminadas por efectos de las actividades humanas. Una de las causas de contaminación asociada a los emplazamientos humanos es aquella que proviene de los rellenos sanitarios. Esta ocurre por la percolación de lixiviados a los acuíferos. Los lixiviados son líquidos que poseen tanto materia disuelta como en suspensión y se producen cuando la lluvia pasa a través de los desechos sólidos del relleno o en algunos casos de botaderos. Estos lixiviados son productos peligrosos debido

al gran contenido de contaminantes orgánicos, patógenos, sustancias tóxicas, etc.

Por lo tanto, si la población consume aguas provenientes de acuíferos contaminados sin que haya algún tratamiento de por medio, existe el riesgo de que pueda contraer enfermedades gastrointestinales, afecciones a la piel y además su ganado puede enfermar al beber de estas aguas. En la figura 2 se presenta el mecanismo de contaminación por lixiviados

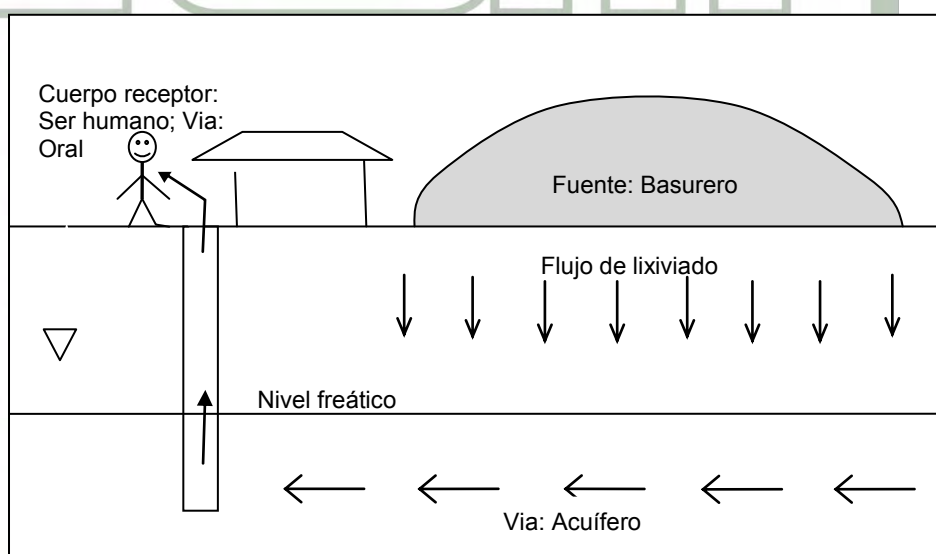


Figura Nº 2: Mecanismo de contaminación por lixiviados

Fuente: Universidad de Chile Facultad De Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Civil. 2009

Los lixiviados de los rellenos sanitarios es actualmente un problema ambiental debido a su potencial riesgo de contaminación de los recursos hídricos, además tienen un inadecuado destino o disposición final, que trae como consecuencia problemas de orden sanitario, económico y estético; lo que torna necesario el tratamiento antes del lanzamiento a los cursos de agua. Uno de los grandes problemas enfrentados para el tratamiento de los lixiviados es la definición de sus características físico-químicas y biológicas, así como la variación de su composición con el tiempo. (Santos, 2000).

2.10 Calidad de los lixiviados

Ehrig, (2003). Sostiene que la calidad de los lixiviados es determinada fundamentalmente por los procesos de reacción bioquímica que tienen lugar en el relleno y por sus condiciones ambientales. En el agua caen espontáneamente sustancias solubles y sustancias que se han hecho solubles en agua a través de

los procesos bioquímicos, así como los productos finales correspondientes a los procesos de reacción bioquímica.

Al filtrarse el agua a través de los residuos sólidos en descomposición, se lixivian en solución materiales biológicos y constituyentes químicos. En el cuadro N° 3, se presentan datos representativos sobre las características de los lixiviados en vertederos nuevos y antiguos. (Tchobanoglous, et al. 1998).

Cuadro N° 3: Datos típicos sobre la composición de los lixiviados procedentes de vertederos nuevos y maduros

Constituyente	Valor en mg/L ^b		
	Vertedero Nuevo(menos de 2 años)		Vertedero maduro(mayor de 10 años)
	Rango ^c	Típico ^d	
DBO ₅	2000 - 30000	10000	100 - 200
COT(carbono orgánico total)	1500 - 20000	6000	80 - 160
DQO	30000- 60000	18000	100 - 500
Total de sólidos en suspensión	200 - 2000	500	100 - 400
Nitrógeno orgánico	10 - 800	200	80 - 120
Nitrógeno amoniacal	10 - 800	200	20 - 40
Nitrato	5 - 40	25	5 - 10
Fósforo total	5 - 100	30	5 - 10
Ortofosfato	4 - 80	20	4 - 8
Alcalinidad como Ca CO ₃	1000 - 10000	3000	200 - 1000
pH	4,5 – 7,5	6	6,6 – 7,5
Dureza total como Ca CO ₃	300 - 10000	3500	200 - 500
Calcio	200 - 3000	1000	100 - 400
Magnesio	50 – 1500	250	50 - 200
Potasio	200 - 1000	300	50 - 400
Sodio	200 - 2500	500	100 - 200
Cloro	200 - 3000	500	100 - 400
Sulfatos	50 - 1000	300	20 - 50
Hierro total	50- 1200	60	20- 200

Fuente: Tchobanoglous, G(1998)

b Excepto el pH, que no tiene unidades

c Rango representativo de valores

d Los valores típicos para los vertederos nuevos variarán según el estado metabólico del vertedero

Ehrig H, (1992), afirma que en un relleno no pueden verse separados las aguas, los procesos de reacción bioquímica y de lixiviación. Por la inhibición también se refuerzan, a la par de los procesos bioquímicos, los procesos de lixiviación que además se ven influidos por la progresiva reacción bioquímica.

Todo cambio de la estructura y composición del relleno tiene efectos sobre las corrientes y la acumulación, de tal modo que el agua y los procesos en el relleno son magnitudes que se influyen recíprocamente.

En términos generales, los procesos de reacción bioquímica que tienen lugar en el relleno pueden ser aeróbicos o anaeróbicos. Después de colocar la basura se inician procesos aeróbicos, que toman un período que va de unos pocos días a semanas, hasta que se haya consumido el oxígeno que la carga contenía. La degradación anaeróbica que tiene lugar a continuación se da, de manera análoga a la descomposición de los lodos, en dos fases. En la primera de ellas, la "fermentación ácida", los organismos facultativos o anaeróbicos descomponen las sustancias orgánicas de partida, entre otras, proteínas, grasas e hidratos de carbono en CO_2 , H_2 y ácidos grasos menores. Aquí participa una gran cantidad de organismos diferentes con condiciones de crecimiento óptimas y diferenciadas, de tal modo que la degradación, excepto en el caso de condiciones extremas, casi no está sometida a factores negativos. En la segunda fase, conocida como "fermentación metanogénica," organismos estrictamente anaeróbicos - las bacterias metanogénicas- descomponen los productos de la "fermentación ácida" y los convierten en CH_4 , sustancias húmicas y agua. Tales sustancias húmicas se producen igualmente en los suelos y ahí pueden producir coloraciones parduscas de lixiviados naturales. Para ello la primera fase debe estar tan avanzada que sólo se deben tener como productos intermedios ácido acético, ácido fórmico y H_2 y CO_2 gaseosos. La tasa de crecimiento de las bacterias es baja y va ligada a condiciones ambientales relativamente limitadas, por ej. valores de PH entre 6,5 y 7,5; bajas oscilaciones de temperatura y suficiente contenido de humedad.

Para una degradación anaeróbica profunda en el relleno se requiere que ambas fases conformen un equilibrio. En el relleno se desarrollan primero los organismos de la "fermentación ácida" con una alta tasa de crecimiento. Las bacterias metanogénicas no pueden mantener el paso de este proceso, ya que su tasa de crecimiento es mucho menor. Además, los productos de descomposición de la "fermentación ácida" cambian las condiciones ambientales en forma desfavorable, de tal modo que la tasa de crecimiento disminuye aún

más. De este modo, por lo general puede lograrse una situación de equilibrio hasta después de algunos años (**Ehrig H, 1992**),

Los ácidos grasos menores producidos junto con el CO_2 y H_2 durante la "fermentación ácida" representan una alta carga orgánica en los lixiviados y generan valores de pH ácidos.

En la fase de la fermentación metanogénica, los ácidos grasos menores son, a tal punto que los productos restantes pueden escapar como gases y con ello reducir en buena medida la carga orgánica de los lixiviados.

La estructura de los materiales formados por componentes orgánicos e inorgánicos es destruida por la degradación bioquímica, con lo cual cambian las condiciones para la lixiviación y la absorción de agua, así como el tipo e intensidad de los procesos de reacción bioquímica. El agua que se filtra muestra, según la fase de descomposición predominante, diferentes características (pH, carga orgánica, etc.), de tal modo que por este medio existen diferentes condiciones de disolución. En general, existe una estrecha relación entre el agua y los procesos bioquímicos, químicos y físicos.

De la explicación de los procesos bioquímicos se desprende que la carga orgánica tiene mucha mayor importancia para calcular los lixiviados. Los parámetros más importantes para ello son la DQO y la DBO_5 . Adicionalmente, la razón refleja el grado de degradación de los lixiviados en el relleno y con ello los procesos de reacción bioquímica que están teniendo lugar en un momento determinado. La "fermentación ácida" o etapa acidogénica está caracterizada por valores de $\text{DBO}_5/\text{DQO} > 0.4$, carga orgánica elevada, una gran parte de la carga orgánica puede descomponerse bioquímicamente en forma fácil, pH ácido (< 6.6). En la fase de la "fermentación metanogénica", el pH se acerca a la neutralidad (6.5-7.5), la carga orgánica es media, con DBO/DQO entre 0.3 y 0.1, por el contrario si se alcanzan valores < 0.1 , indican que la sustancia orgánica tiene dificultades para continuar su degradación. y disminuye el contenido de metales pesados, al elevarse el pH. En la etapa de maduración el pH es superior a 7.5, la carga orgánica es baja. En la purificación de los lixiviados este valor tiene una influencia esencial sobre la velocidad de su degradación.

Las características de los lixiviados cambian en las diferentes etapas del vertedero. Los producidos en la tienen, $\text{DBO}/\text{DQO} > 0.3$ y pueden contener concentraciones elevadas de metales pesados. En la etapa metanogénica, y disminuye el contenido de metales pesados, al elevarse el pH (**Ehrig H, 1992**),

En el caso de valores absolutos bajos de la DBO₅ y la DQO, un valor alto (> 0.4) puede estar indicando la entrada de aguas externas. Ya que las altas concentraciones de DQO y DBO₅ durante la "fermentación ácida" representan ácidos grasos menores en los lixiviados, disminuye al mismo tiempo el valor de PH. Las diferentes condiciones ambientales de ambas fases de la degradación anaeróbica producen también diferencias en la solubilidad de algunos metales, cuyo rango de concentración se correlaciona estrechamente con los parámetros orgánicos. La solubilidad se ve influida adicionalmente, entre otros, por la formación de complejos, quelatos y sulfuro (**Ehrig 1992**).

2.11 Aforo de lixiviados

Aforar es medir el caudal del agua de escorrentía, en vez de caudal también se puede emplear los términos gasto, descarga.

Los flotadores, que pueden ser objetos flotantes cualesquiera, adquieren prácticamente la misma velocidad que el agua en contacto con ellos, y se emplean, por tanto, para medir la velocidad en la trayectoria que recorren.

Cualquier objeto que flote con su centro de gravedad cerca de la superficie libre del agua puede usarse como *flotador de superficie*. Los flotadores de superficie dan la velocidad cerca de la superficie libre de la corriente. La velocidad media en la vertical se obtiene multiplicando la velocidad en la superficie por un coeficiente (0.80 a 0.95, siendo el promedio 0.85 (**Gutiérrez, 2009**)).

Universidad de Málaga (2009), sostiene que el método de aforo con flotadores se utiliza generalmente cuando no se dispone de un molinete o correntómetro.

La metodología consiste en:

- Seleccionar un tramo recto del cauce.
- Determinar el ancho del cauce y las profundidades de éste en tres partes diferentes de la sección mojada transversal.
- Calcular el área de la sección transversal. Para ello se emplea la expresión:

$$A = B \times H$$

Donde:

a, b, c son las profundidades del cauce.

B = ancho del cauce.

A = área buscada.

H = altura promedio de $(a + b + c)/3$.

Cálculo de la velocidad

Para medir la velocidad en cauces naturales pequeños, se escoge un tramo recto del curso de agua y de alrededor de 5 a 10 m; se deja caer el flotador al inicio del tramo que está debidamente señalado y situado en el centro del curso del agua en lo posible y se toma el tiempo inicial t_1 ; luego se toma el tiempo final t_2 , cuando el flotador alcanza el extremo final del tramo que también se halla debidamente marcado; y sabiendo la distancia recorrida y el tiempo que el flotador demora en alcanzar el extremo final del tramo, se calcula la velocidad del curso de agua según la siguiente fórmula:

$$v = (L/T)$$

Siendo:

L = Longitud del tramo (aproximadamente 10 m.).

T = Tiempo de recorrido del flotador entre dos puntos del tramo (segundos).

Cálculo del caudal

De la misma manera, se lleva a cabo la determinación del gasto hidráulico mediante la expresión clásica:

$$Q = A \cdot v$$

El caudal de lixiviados aumenta a medida que se dispone un mayor volumen de basura por la mayor superficie de exposición a las aguas lluvias (infiltración = precipitaciones – escorrentía superficial). Esta se reduce por la evapotranspiración, la que se ve obstaculizada por la cobertura diaria de los residuos. A esto hay que agregar, la producción de líquidos percolados debido a la compactación y degradación de los residuos. (www.e-seia.cl/archivos/Anexo_Percolados.pdf).

2.12 Geología regional y local

Según **Sánchez et al (1997)**, el área de estudio se encuentra ubicado en el cuadrángulo de Utcucarca en la Hoja N° 14-k de la Carta Geológica Nacional; observándose las siguientes características:

Relieve. El relieve que se observa en el área de estudio es de topografía ondulada y sinclinales amplios especialmente, en la parte baja del botadero, que forma un valle, donde se ubican los humedales, que están cercanos y en forma longitudinal a la margen izquierda de la carretera Fernando Belaunde; en la parte

alta del botadero se observa una cadena montañosa con topografía abrupta, que va desde los 200 a 400m.

Región natural. Según la clasificación de Pulgar Vidal, el área se emplaza entre las altitudes de Región o Selva Alta.

Clima. De acuerdo a la posición geográfica y el relieve que predomina en el área de estudio, se ha distinguido los siguientes tipo de climas: sólo el clima Selva Tropical, clima tropical permanentemente húmedo y cálido cuyas temperatura son mayores a 25.1°C.

Precipitación. Las mayores precipitaciones se presentan entre los meses de Diciembre a Mayo, con cierta regularidad, decreciendo entre los meses de Junio a Noviembre. Las precipitaciones son superiores o iguales a 1000 mm.

Geomorfología.

El modelo morfoestructural se definió durante el mesozoico. Desde fines del cretáceo la sedimentación en las cuencas ha sido mayormente de depósitos continentales. Las “capas rojas” han sido depositadas en las cuencas durante las orogenias del paleogeno- neógeno. Durante el neógeno superior se formaron depresiones y durante el plioceno al cuaternario se formo la formación Ipururo, continuando la acumulación en el holoceno.

Formacion Ipururo

Es la secuencia de areniscas marrones a grises con intercalaciones de lutitas rojas; además que la parte superior del Ipururo consiste de areniscas marrones a grises, macizas de grano fino, parcialmente pelítica. La formación Ipururo está distribuida ampliamente a ambos lados de la cadena longitudinal subandina; presenta un relieve moderado a modo de terrazas disectadas por quebradas de corto recorrido. Tiene buzamientos suaves y ocupa generalmente los núcleos sinclinales amplios, como es el caso de Utcucarca.

Litología y grosor. La formación Ipururo se caracteriza porque está constituida mayormente de areniscas gris clara a marrones, con tonalidades cremas tenues las que se encuentran intercaladas con lodolitas y pelitas marrón rojizas y abigarradas así como con algunos niveles conglomerádicos.

Las capas de arenisca tienen grosores que varían entre 2 y 30 metros, sus límites son ondulados irregulares, presentan característicamente laminación y estratificación sesgada en depresión.

La formación Ipururo , tiene un grosor de 1280m, esta formación yace en la formación Chambira.

Formación Chambira

Se distribuye en el área de estudio en la parte alta de la misma; esta formación está dentro del grupo contamana como una secuencia de lutitas rojas (lodolitas) con estratificaciones de de areniscas gris a marrones indicando la presencia de limolitas calcáreas, las areniscas son macizas con estratificación sesgada y de grano fino mayormente, forma afloramiento extensos debido a su bajo buzamiento; en este cuadrángulo de Utcucarca muestra una morfología de colinas alargadas de regular altura con buenas exposiciones a pesar de la cobertura vegetal. Esta formación descansa sobre la formación Pozo y tiene un grosor entre los 1500 m a 2000 m.

2.13 Marco legal

2.13.1 Constitución política del Perú

En el Título I, Capítulo I artículo 2º inc. 22) dice, que toda persona tiene derecho a la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida. Además en el título II y capítulo II, artículos 66º al 68º sostiene que los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento; así mismo el Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales y está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

2.13.2 Ley General del Ambiente (Ley N° 28611)

En el Título Preliminar. Artículo 1º, indica que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

Además en Título I , Capítulo 1º Artículo 1º el objetivo de la presente ley es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo

ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país.

Artículo 31°.- Del Estándar de Calidad Ambiental. El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

Artículo 119°.- Del manejo de los residuos sólidos

La gestión de los residuos sólidos de origen doméstico, comercial o que siendo de origen distinto presenten características similares a aquellos, son de responsabilidad de los gobiernos locales. Por ley se establece el régimen de gestión y manejo de los residuos sólidos municipales. La gestión de los residuos sólidos distintos a los señalados en el párrafo precedente son de responsabilidad del generador hasta su adecuada disposición final, bajo las condiciones de control y supervisión establecidas en la legislación vigente.

2.13.3 Ley General de Residuos Sólidos (Ley N° 27314)

El objeto de la presente es establecer los derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana.

La presente Ley se aplica a las actividades, procesos y operaciones de la gestión y manejo de residuos sólidos, desde la generación hasta su disposición final, incluyendo las distintas fuentes de generación de dichos residuos, en los sectores económicos, sociales y de la población. Asimismo, comprende las actividades de internamiento y tránsito por el territorio nacional de residuos sólidos.

2.13.4 Reglamento de la LEY N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos (Decreto Supremo N° 057-2004-PCM)

El presente dispositivo reglamenta la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, a fin de asegurar que la gestión y el manejo de los residuos sólidos sean apropiados para prevenir riesgos sanitarios, proteger y promover la calidad ambiental, la salud y el bienestar de la persona humana. El Reglamento es de aplicación al conjunto de actividades relativas a la gestión y manejo de residuos sólidos; siendo de cumplimiento obligatorio para toda persona natural o jurídica, pública o privada dentro del territorio nacional.

Además en el Artículo 67° y 69° de los criterios para la selección de áreas de infraestructuras; La municipalidad provincial define y establece los espacios geográficos en su jurisdicción para instalar infraestructuras de transferencia, tratamiento y disposición final de residuos las municipalidades provinciales coordinarán con las municipalidades distritales, la Autoridad de Salud de la jurisdicción correspondiente y otras autoridades sectoriales competentes, la evaluación e identificación de los espacios geográficos en su jurisdicción que puedan ser utilizados para la ubicación de infraestructuras de residuos.

La disposición final de residuos del ámbito de gestión municipal se realiza mediante el método de relleno sanitario. La disposición final de residuos del ámbito de gestión no municipal se realiza mediante el método de relleno de seguridad.

Además contiene todos los criterios para calificar infracciones, imponer sanciones o imponer medidas de seguridad.

2.13.5 Ley de Recursos Hídricos(Ley N° 29338)

Esta Ley en el Artículo 3.-manifiesta la declaración de interés nacional y necesidad pública la gestión integrada de los recursos hídricos con el propósito de lograr eficiencia y sostenibilidad en el manejo de las cuencas hidrográficas y los acuíferos para la conservación e incremento del agua, así como asegurar su calidad fomentando una nueva cultura del agua, para garantizar la satisfacción de la demanda de las actuales y futuras generaciones. Así mismo en el Artículo 34 sobre las condiciones generales para el uso de los recursos hídricos, este se encuentra condicionado a su disponibilidad y que el uso del agua debe realizarse en forma eficiente y con respeto a los derechos de terceros, de acuerdo con lo establecido en la Ley; promoviendo que se mantengan o mejoren las características físico-químicas del agua, el régimen hidrológico en beneficio del ambiente, la salud pública y la seguridad nacional.

En el Artículo 35°.- Clases de usos de agua y orden de prioridad. La Ley reconoce las siguientes clases de uso de agua: Uso primario, uso poblacional y uso productivo.

La prioridad para el otorgamiento y el ejercicio de los usos anteriormente señalados sigue el orden en que han sido enunciados.

Artículo 36°.- Uso primario del agua

El uso primario consiste en la utilización directa y efectiva de la misma, en las fuentes naturales y cauces públicos de agua, con el fin de satisfacer necesidades humanas primarias. Comprende el uso de agua para la preparación de alimentos, el consumo directo y el aseo personal; así como su uso en ceremonias culturales, religiosas y rituales.

Artículo 37°.- Características del uso primario

El uso primario del agua no requiere autorización administrativa y se ejerce por la sola disposición de la Ley. Es inocuo al ambiente y a terceros, no tiene fin lucrativo y se ejerce en forma gratuita por las personas, bajo su propia responsabilidad, restringido solo a medios manuales y condicionados a que:

1. No altere las fuentes de agua en su cantidad y calidad, y
2. no afecte los bienes asociados al agua.

Artículo 83°.- Prohibición de vertimiento de algunas sustancias

Está prohibido verter sustancias contaminantes y residuos de cualquier tipo en el agua y en los bienes asociados a ésta, que representen riesgos significativos según los criterios de toxicidad, persistencia o bioacumulación. La Autoridad Ambiental respectiva, en coordinación con la Autoridad Nacional, establece los criterios y la relación de sustancias prohibidas.

2.13.6 Reglamento de La Ley de Recursos Hídricos (Decreto Supremo N° 001-2010-AG)

El Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos tiene aspectos resaltantes:

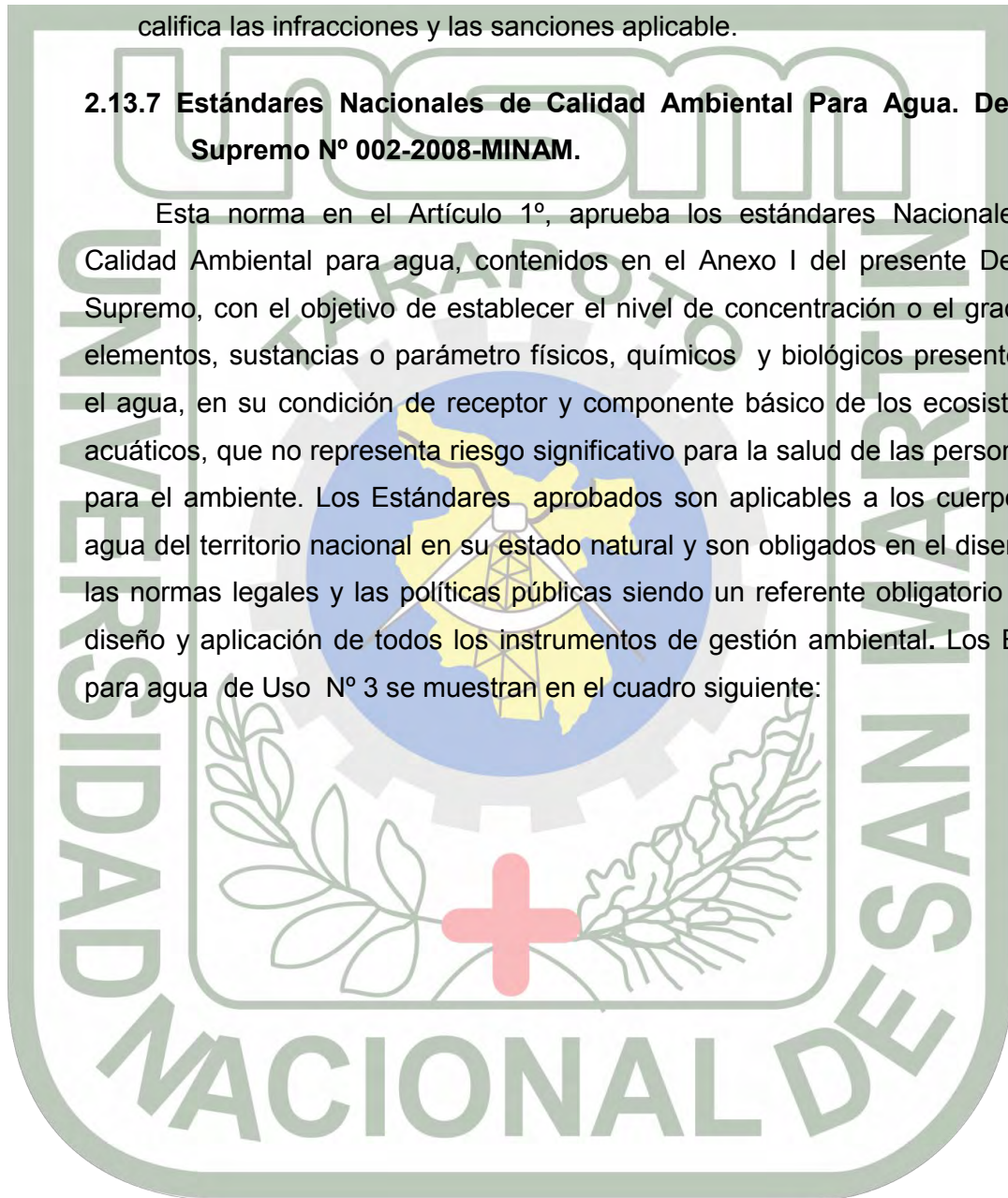
- Ratifica que el agua es patrimonio de la Nación y que no hay propiedad privada sobre dicho bien. La Autoridad Nacional del Agua (ANA) ejerce la administración exclusiva de las aguas.
- Otorga al uso del agua con fines agrarios el primer orden de preferencia entre los usos productivos.

- Define el rol que corresponde a cada uno de los actores que participan en la gestión del agua, ordenando la intervención de todas las entidades públicas y privadas en dicha gestión.
- Establece que la gestión del agua se realiza en base a cuencas hidrográficas y acuíferos.
- Permitirá la protección, explotación racional y recuperación de los acuíferos, que son el gran reservorio para abastecer a futuras generaciones.
- Define mecanismos apropiados para que en el mediano plazo el Estado, a través de la ANA (a la que le otorga facultades sancionadoras y coactivas), recupere la calidad de los ríos. Además, la ANA, con participación de los usuarios, ejercerá vigilancia y fiscalización para prevenir y combatir los efectos de la contaminación.
- Fortalece a las Juntas de Usuarios para que presten un eficiente servicio de distribución del agua. Estas Juntas seguirán prestando los servicios de distribución de agua.
- Crea el clima apropiado para la inversión. Crea seguridad jurídica y el marco legal apropiado para el desarrollo de los grandes proyectos hidroenergéticos, irrigaciones y de saneamiento, indispensables para el desarrollo del país.
- Permite la creación de los Consejos de Cuenca (órganos de la Autoridad Nacional del Agua), en los que participan democráticamente los usuarios, gobiernos regionales, gobiernos locales y sociedad civil para planificar la gestión del agua.
- Garantiza el derecho de las comunidades campesinas y comunidades nativas de seguir usando las aguas que discurren por sus territorios, según sus costumbres ancestrales.
- Crea un régimen de pagos por el uso del agua atendiendo criterios sociales, económicos y ambientales. Éste se implementará progresivamente.
- Clasifica los cuerpos de agua (Artículo 106), tomando como base la implementación progresiva de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua (ECA- Agua, que apruebe el Ministerio del Ambiente de acuerdo con sus características naturales, los usos actuales y potenciales al que se destina el agua de acuerdo a la Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA del 22 de Marzo de 2010 Clasificación de cuerpos de agua superficiales y marino – costeros.
- Hace una Tipificación de infracciones (Artículo 277), como por ejemplo la contaminación de las fuentes naturales de superficiales o subterráneas,

cualquiera fuese la situación o circunstancia que lo genere; efectuar vertimiento de aguas residuales en los cuerpos de agua o efectuar reuso de aguas, sin autorización de la Autoridad Nacional del Agua; arrojar residuos sólidos en cauces o cuerpos de agua natural o artificial, entre otros; también califica las infracciones y las sanciones aplicable.

2.13.7 Estándares Nacionales de Calidad Ambiental Para Agua. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.

Esta norma en el Artículo 1°, aprueba los estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua, contenidos en el Anexo I del presente Decreto Supremo, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetro físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los Estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligados en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental. Los ECAS para agua de Uso N° 3 se muestran en el cuadro siguiente:



Cuadro N° 4: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua(ECA)

Categoría N° 1: Poblacional y recreacional

PARAMETROS	UNIDAD	A1	B1
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Contacto primario
		VALOR	VALOR
FISICOS Y QUÍMICOS			
Cloruros	mg/L	250	**
DBO ₅	mg/L	3	5
DQO	mg/L	10	30
Dureza	mg/L	500	**
Nitratos	mg/L	10	10
Nitritos	mg/L	1	5
Nitrógeno amoniacal	mg/L	1,5	**
pH	Unidades de pH	6,5-8,5	6 - 9
Turbiedad	UNT	5	**
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	0,2	0,2
Arsénico	mg/L	0,01	0,01
Cadmio	mg/L	0,003	0,01
Cobre	mg/L	2	2
Cromo	mg/L	0,05	0,05
Níquel	mg/L	0,02	0,02
Plomo	mg/L	0,01	0,01
Mercurio	mg/L	0,001	0,001
MICROBIOLÓGICO			
Coliformes termotolerantes(44.5°C)	NMP/100mL	0	200
Coliformes totales(35-37°C)	NMP/100mL	50	1000

Fuente: Diario Oficial el Peruano. Decreto Supremo N° 002-2008- MINAM. Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA).

UNT: Unidad Nefelométrica de turbiedad

NMP/100mL: Número más probable en 100 mL

** Se entenderá que para esta categoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la autoridad competente determine.

Cuadro N° 5: ECA para Agua Categoría N° 3. Parámetros para riego de vegetales de tallo bajo y alto

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR
Fisicoquímicos		
Bicarbonatos	mg/L	370
Calcio	mg/L	200
Carbonatos	mg/L	5
Cloruros	mg/L	100
Conductividad	µS/cm	< 2000
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/L	15
Demanda Química de oxígeno	mg/L	10
Fluoruros	mg/L	1
Fosfatos-P	mg/L	1
Nitratos(NO ₃ -N)	mg/L	10
Nitritos(NO ₂ -N)	mg/L	0,06
Oxígeno disuelto	mg/L	0, 4
pH	Unidad de pH	6,5 - 8,5
Sodio	mg/L	200
Sulfatos	mg/L	300
Sulfuros	mg/L	0,05
Inorgánicos		
Aluminio	mg/L	5
Arsénico	mg/L	0,05
Bario total	mg/L	0,7
Boro	mg/L	0,5 - 6
Cadmio	mg/L	0,005
Cianuro Wad	mg/L	0,1
Cobalto	mg/L	0,05
Cobre	mg/L	0,2
Cromo	mg/L	0,1
Hierro	mg/L	1
Litio	mg/L	2,5
Magnesio	mg/L	150
Manganeso	mg/L	0,2
Mercurio	mg/L	0,001
Níquel	mg/L	0,2
Plata	mg/L	0,05
Plomo	mg/L	0,05
Selenio	mg/L	0,05
Zinc	mg/L	2

Fuente: Diario Oficial el Peruano. Decreto Supremo N° 002-2008- MINAM. Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA).

Cuadro N° 6: ECA para Agua Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales

PARÁMETROS	Unidad	Vegetales Tallo Bajo	Vegetales Tallo Alto
		Valor	Valor
Biológicos			
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	1000	2000(3)
Coliformes totales	NMP/100mL	5000	5000(3)
Enterococos	NMP/100mL	20	100
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	100	100
Huevos de helmintos	NMP/100mL	< 1	< 1(1)
<i>Salmonella sp</i>		Ausente	Ausente
<i>Vibrio cholerae</i>		Ausente	Ausente
PARAMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES			
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	
Fisicoquímicos			
Conductividad eléctrica	(μ S/cm)	\leq 5000	
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/L	\leq 15	
Demanda Química de oxígeno	mg/L	40	
Fluoruros	mg/L	2	
Nitratos(NO ₃ -N)	mg/L	50	
Nitratos(NO ₂ -N)	mg/L	1	
Oxígeno disuelto	mg/L	> 5	
pH	Unidades de pH	6,5 – 8,4	
Sulfatos	mg/L	500	
Sulfuros	mg/L	0,05	
Inorgánicos			
Aluminio	mg/L	5	
Arsénico	mg/L	0,1	
Berilio	mg/L	0,1	
Boro	mg/L	5	
Cadmio	mg/L	0,001	
Cianuro WAD	mg/L	0,1	
Cobalto	mg/L	1	
Cobre	mg/L	0,5	
Cromo(6+)	mg/L	1	
Hierro	mg/L	1	
Litio	mg/L	2,5	
Magnesio	mg/L	150	
Manganeso	mg/L	0,2	
Mercurio	mg/L	0,001	
Níquel	mg/L	0,2	
Plata	mg/L	0,05	
Plomo	mg/L	0,05	
Selenio	mg/L	0,05	
Zinc	mg/L	24	

Fuente: Diario Oficial el Peruano. Decreto Supremo N° 002-2008- MINAM. Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA).

Cuadro N° 7: Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

PARAMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RIOS		ECOSISTEMAS MARINO COSTEROS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
FISICOS Y QUIMICOS						
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible				
DBO5	mg/L	< 5	< 10	< 10	15	10
Nitrógeno amoniacal	mg/L	< 0,02	0,002	0,05	0,05	0,08
Temperatura	°C					delta 3°C
Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
pH	Unidad	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5		6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos totales	Disueltos mg/L	500	500	500	500	
INORGANICOS						
Arsénico	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	---
Cadmio	mg/L	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005
Cianuro libre	mg/L	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022
Cobre	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fenoles	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	
Fosfatos total	mg/L	0,4	0,5	0,5	0,5	0,031–0,093
Hidrocarburos de Petróleos Aromáticos totales	mg/L	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Nitratos(N-NO ₃)	mg/L	5	10	10	10	0,07- 0,28
INORGANICOS						
Nitrógeno total	mg/L	1,6	1,6	---	---	---
Níquel	mg/L	0,025	0,025	0,025	0,002	0,0082
Plomo	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,0081	0,0081
Silicatos	mg/L	---	---	---	---	0,14-0,7
Sulfuro de hidrógeno (H ₂ Sindisociable)	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,0082
Zinc	mg/L	0,03	0,03	0,03	0,03	0,081
MICROBIOLOGICOS						
Coliformes termotolerantes	(NMP/100mL)	1000		2000	1000	≤ 30
Coliformes totales	(NMP/100mL)	2000		3000	2000	

FUENTE:Diario Oficial el Peruano.Decreto Supremo N° 002-2008- MINAM. Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA).

NOTA: Aquellos parámetros que no tienen valor asignado se debe reportar cuando se dispone de análisis

Dureza: Medir "dureza" del agua muestreada para contribuir en la interpretación de los datos(método/técnica recomendada: APHA-AWWA-WPFC 2340C

Amonio: Como NH₃ no ionizado

NMP/100mL: Número más probable de 100mL

Ausente: No deben estar presentes a concentraciones que sean detectables por olor, que afecten a los organismos acuáticos comestibles, que puedan formar depósitos de sedimentos en las orillas o el fondo que puedan ser detectados como películas visibles en la superficie o que sean nocivos a los organismos acuáticos presentes.

2.13.8 Decreto Supremo N° 08- 2009- MINAM. Aprueba los Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes de infraestructuras de residuos sólidos

El presente Decreto en el Artículo 1°, establece el objeto y ámbito de aplicación, de los Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de infraestructuras de residuos sólidos con el objetivo de mitigar los efectos negativos en el ambiente, particularmente la contaminación de los cuerpos de agua, así como los riesgos a la salud de la población.

Cuadro N° 8: Límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de tratamiento de residuos sólidos y lixiviados de rellenos sanitarios y de seguridad

	Parámetros	Unidad	LMP	Método de ensayo
I	Generales			
1	pH		6,5 – 8,5	APHA 4500-H+ - B Pág. 4-90 a 4-94 21ava edición
2	Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	30	APHA 2540-D Pág. 2-58 a 2-59 21ava edición
II	Orgánicos			
3	DQO	mg/L	120	EPA method 410.1 600/4-79-020 REVISED MARCH
4	DBO	mg/L	20	APHA -AWWA-WEF 5210 B. 21st edition
5	Hidrocarburos Totales de Petróleo		10	DIN EN ISO 9377-2. Julio 2001
III	Inorgánicos			
6	Amonio (como N)	mg/L	10	
7	Arsénico total	mg/L	0,1	APHA 3114-C Pág. 3-37 a 3-38. 21ava Edic.
8	Cadmio total	mg/L	0,1	APHA 3111-B, Pág 3-17 a 3-19, 21ava. Edic.
9	Cobre total	mg/L	0,5	APHA 3111-B Pág. 3-17 a 3-19. 21ava. Edic
10	Cromo VI (*)	mg/L	0,1	Standard Methods for the examination of water and wastewater APHA-AWWA-WEF. 3500 Cr-B 21 st Edit.
11	Hierro total	mg/L	2	APHA 3111-B Pág. 3-17 a 3-19 21ava edición
12	Mercurio total	mg/L	0,01	APHA 3112-B Pág. 3-23 a 3-24 21ava edición
13	Plomo total	mg/L	0,5	APHA 3111-B Pág. 3-17 a 3-19 21ava edición
14	Zinc total	mg/L	0,5	APHA 3111-B Pág. 3-17 a 3-19. 21Edic.
IV	Biológico			
15	Coliformes totales	NMP/100m L	1 000	APHA 9221 B Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition

(*) En muestra no filtrada

Nota.-Descarga directa: descargas a los cuerpos de aguas superficiales

Fuente: MINAM, 2009

CAPITULO III

I. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Localización geográfica

El estudio se llevó a cabo en el área de influencia del botadero de Tarapoto, ubicado en el sector Yacucatina (nombre que significa, agua de pozo) a la altura del Km 22 de la carretera Fernando Belaunde Sur, perteneciente al distrito de Juan Guerra; entrando al lado izquierdo, vía que conduce al distrito de Cabo Leveaú.

Coordenadas. Las coordenadas del área de influencia se encuentra en: Posición 18M 0353798; UTM 9263879, a una altitud de 236msnm, parte baja del área de influencia y en la posición 18M 0355827, UTM 9264159 a una altitud de 350m parte más alta del botadero. La localización se observa en la figura N° 3.



Figura N° 3: Ubicación del área de estudio

Fuente: Encarta 2009

3.1.2 Materiales utilizados

Los principales materiales, equipos e instrumentos utilizados en las etapas de estudio (pre-campo, campo, gabinete) son los siguientes:

- Palana
- Machete
- rastrillo
- Wincha
- Soga
- Cronómetro
- Termómetro
- GPS
- Cámara fotográfica
- Implementos de protección personal (botas, guantes, mascarillas)
- Implementos de higiene personal.
- Kit de muestreo de agua
- Cooler
- Movilidad
- Materiales de escritorio
- Computadora
- Libreta de campo

3.5.3 Descripción del área de estudio

3.1.3.1 Topografía

El área se ubica sobre terrenos con colinas y pendientes pronunciadas e inclinadas entre 30° a 45° , formando ondulaciones, en la parte baja se va formando un fondo de valle y un pequeño vaso de una mini cuenca ligeramente accidentada, con presencia de suelo arcilloso limoso.. El botadero ocupa un área aproximada de 7 hectáreas, siendo el terreno de propiedad municipal de 39,18 has aproximadamente, que se encuentra en la parte alta de la misma como se observa en la siguiente vista.



Figura N° 4: Vista panorámica del área de influencia del botadero

3.1.3.2 Hidrología

En el área de estudio no existen ríos sólo existen humedales, y pequeños afloramientos por perforación de pozos, que se forman por escorrentía de las aguas de lluvia y por infiltración, ubicándose en la parte baja paralelamente a la carretera Fernando Belaunde a unos 100 m de la misma siendo refugio de aves silvestres y fuente de agua de bebida para animales silvestres y para ganado que existen en la zona, también utilizándose como contacto primario, como se observan en las siguientes fotos.



Figura N° 5: Humedales Yasnatur e Inchahui, existentes en el área de estudio

3.1.3.3 Flora

El tipo de bosque que existe en la zona es tipo seco, encontrándose en la zona presencia de vegetación nativa, desde plantas rastreras, arbustos y árboles; identificándose algunas especies como: quinilla, bolaquiro, chubchumbo, tangarana, inchawi, penca, chicharra caspi, ocuera, pashaca; ubicándose estas especies en bosques primarios y secundarios en áreas adyacentes al área de influencia del botadero. En el área de influencia se encuentran bosques secundarios y pastos de tipo Brachiara y grama Castilla.



Figura N° 6. Algunas especies de flora existentes en el área de estudio (*Manilkara surinamesis*) y bolaquiro (*Pouteria ucuqui*).

3.1.3.4 Fauna

Existe presencia de aves como manacaraco, pinsha, shicua, afaninga, jergón. Por la presencia del botadero la fauna ha variado considerablemente, es así que se encuentran roedores, aves de rapiña (gallinazos), insectos con predominancia de la mosca común.

3.1.3.5 Geología

Según la figura N° 7 que se muestra a continuación se observan las formaciones ecológicas siguientes formaciones: Ipururo y Chambira.

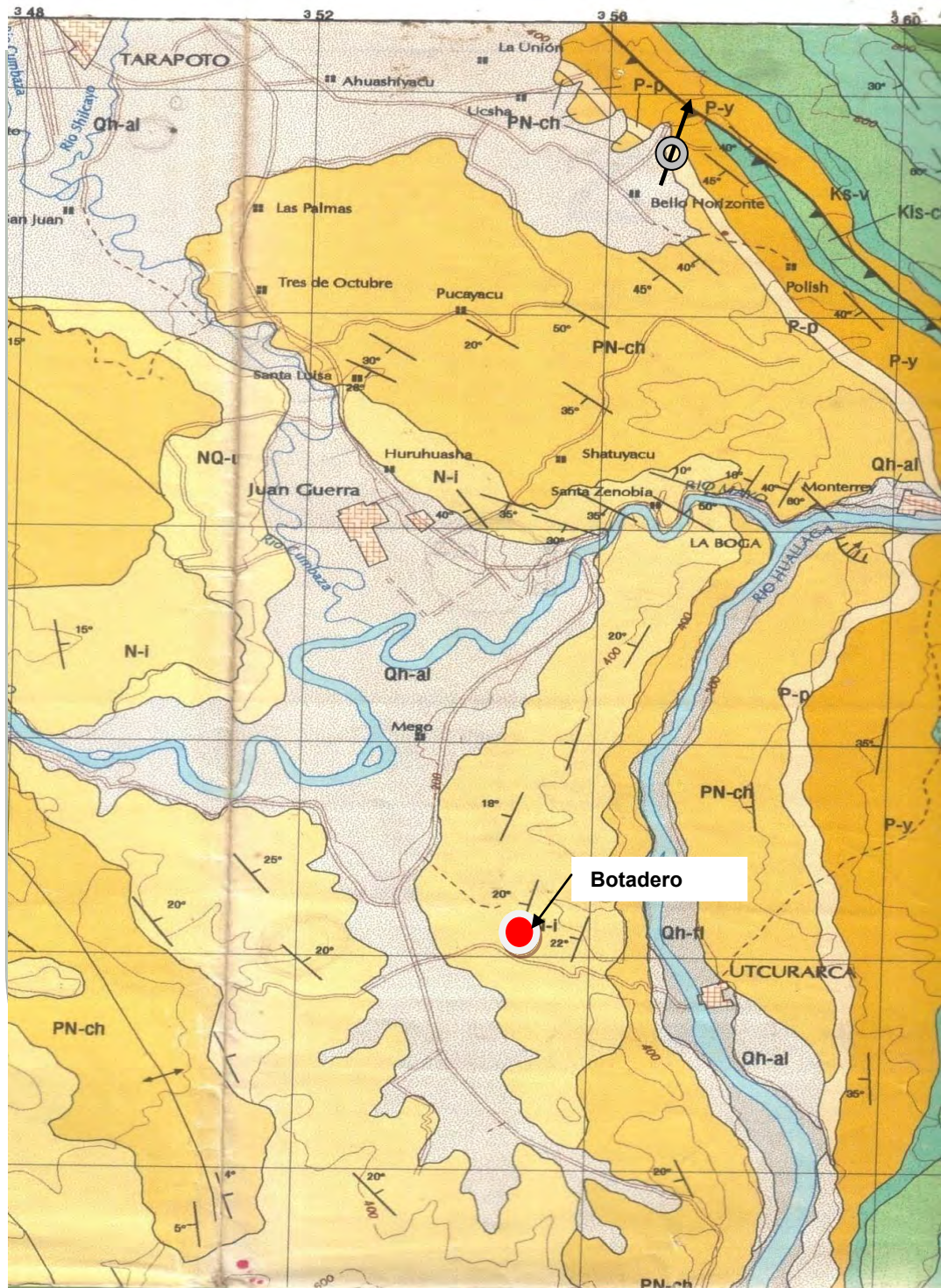


Figura N° 7: Mapa Geológico del área de influencia del botadero “Yacucatina”
Fuente: Instituto Geológico Minero metalúrgico (INGEMMET)-1995

3.2. Métodos

3.2.1 Metodología de muestreo

La metodología de muestreo seguida fue de acuerdo a los lineamientos del Protocolo de Monitoreo de Aguas de la DIGESA, que es la misma que se emplea en el monitoreo de cuerpo receptor y el análisis de agua, el mismo que indica los factores a seguir a fin de asegurar que las muestras sean representativas:

3.2.1.1 Determinación del número de muestras

El número de muestras tomadas fue de 5 distribuidas espacialmente aproximadamente en forma simétrica, recomendada en la Guía N° 3, del Inventario Preliminar de recursos hídricos de la cuenca del Amazonas Calidad, propuesto por la Unidad Técnica Nacional Proyecto GEF Amazonas OTCA/PNUMA por **Salazar, 2009**; teniendo en cuenta la dinámica de los flujos de agua y del recorrido de los lixiviados provenientes de la parte alta de la microcuenca y la ubicación de las fuentes de agua así como su uso en el área de influencia del botadero además se tuvo en cuenta las principales actividades que se desarrollan en el área de influencia del botadero, remarcando prioritariamente que las fuentes de agua sirven como bebida de animales y como contacto directo con el hombre. Tomando como primer punto de muestreo el pozo de Yacucatina, ubicado en la localidad del mismo nombre, este punto sirve como muestra de comparación de contaminación ya que esta fuente es utilizada para consumo humano.

3.2.1.2 Frecuencia de muestreo

Según **Guevara 1996**, los factores de calidad en las aguas superficiales es más acentuada y más rápida que la que presentan las aguas subterráneas y para el caso de las aguas superficiales presentes en el área del botadero, donde el flujo es controlado por la precipitación o se mantiene constante por alimentación subterránea, la frecuencia tomada fue mensual durante tres meses.

3.2.1.3 Ubicación de los puntos de muestreo

Las ubicaciones de las estaciones de muestreo fueron evaluadas en gabinete y posteriormente definidas en campo. En cada punto seleccionado se colectaron muestras de agua.

Para definir los puntos de muestreo se tuvo en cuenta la caracterización general y detallada de la cuenca en evaluación, lo cual requirió estudiar la dinámica de los flujos de agua, desde las fuentes hasta las zonas de uso, así como el recorrido que siguen los lixiviados procedentes del botadero; además se tuvo en cuenta las principales actividades que se desarrollan en el área de influencia del botadero, remarcando prioritariamente que las fuentes de agua sirven como bebida de animales y como contacto directo con el hombre.

La ubicación de los puntos de muestreo cumple con los siguientes criterios:

- **Identificación:** Los puntos de muestreo fueron identificados y reconocidos claramente mediante el sistema de posicionamiento satelital (GPS).
- **Accesibilidad:** El acceso a los puntos de muestreo es por vía terrestre a través de la carretera Fernando Belaunde Sur entre los Kms 22 al 27 y la carretera de acceso al distrito de Cabo Leveaú entre el km 0 y el kilometro 4; y para llegar a los puntos de muestreo es a pie, sin dificultad de acceso a los puntos mencionados para tomar la muestra.
- **Representatividad:** Con la finalidad de que las muestras sean representativas se ha elegido puntos de muestreo donde los cuerpos de agua presente en la zona de influencia del botadero, tenga algún uso que son el objeto de la evaluación. También se ha tenido en cuenta la pendiente de la cuenca, la dirección hacia donde discurren las aguas de escorrentía especialmente.

En el área circundante al botadero, se ubican puntos de afloramiento de agua que fueron tomados como puntos de muestreo. Todos estos puntos de muestreo fueron georeferenciados para luego plasmarlos en un mapa. Los puntos fueron georeferenciados, utilizando GPS unidades UTM y mostrados en un mapa.



Figura N° 8: Georeferenciando los puntos de muestreo

3.2.1.4 Selección de parámetros de muestreo

Los parámetros de análisis se seleccionaran en función a las actividades antropogénicas, fuentes contaminantes y teniendo en cuenta el Reglamento de la Ley de Recursos hídricos; referido a la calidad de los cuerpos de agua en general ya sea terrestre o marítima del país., clasificándolos de acuerdo a los, Estándares Nacionales de Calidad Ambiental Para Agua. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM de acuerdo a su uso como categoría 3: Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales y categoría 4: Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baños y similares). Para los efectos de Protección de las aguas, correspondientes a los diferentes usos rigen límites bacteriológicos, y de sustancias peligrosas.

Además de se tuvo en cuenta los Límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de tratamiento de residuos sólidos y lixiviados de rellenos sanitarios y de seguridad, establecidos en el Decreto Supremo N° 08 - 2009- MINAM.

. Los parámetros de muestreo seleccionados se muestran en los cuadros 9,10 y 11.

Cuadro N° 9: Parámetros de muestreo fisicoquímico

PARÁMETRO
Temperatura

pH
Turbiedad(UNT)
Alcalinidad total(ppm HCO ₃)
Dureza total(ppm CaCO ₃)
Cloruros
N-nitratos
Nitrógeno orgánico
Nitrógeno amoniacal
Demanda Biológica de Oxígeno(DBO ₅)
Demanda Química de Oxígeno(DQO)

Fuente: Estándares Nacionales de calidad para Agua (ECA) 2009

Cuadro N° 10: Parámetros de Muestreo de metales pesados

PARÁMETRO
Cadmio Total
Cromo Total
Mercurio Total
Níquel Total
Plomo total

Fuente: Estándares Nacionales de calidad para Agua(ECA) 2009

Cuadro N° 11: Parámetros de Muestreo Bacteriológico

PARÁMETRO
Coliformes totales (NMP/100mL)
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)

Fuente: Estándares Nacionales de calidad para Agua(ECA) 2009

3.2.1.5 Recipientes utilizados para muestreo

Para análisis Bacteriológico: Se utilizaron frascos proporcionados por el laboratorio referencial del Ministerio de salud de vidrio; estos frascos fueron previamente esterilizados a presión de 15 psi y 121°C durante 15 minutos, tapados y amarrados con papel, tal como se muestra en la foto siguiente:



Figura N° 9: Frascos de vidrio utilizados para muestreo bacteriológico

Para análisis Físicoquímico: Se utilizaron recipientes de PVC, proporcionados por el laboratorio ENVIROLAB SAC, en un cooler, tal como se observa en la foto N° 11

3.2.1.6 Etiquetado

El etiquetado o rotulado de los envase se hizo antes de ir al campo para el muestreo, utilizando plumón indeleble, con la finalidad de que no se borre. En el caso de los envases para muestreo bacteriológico se etiquetó directamente en la botella de vidrio, para el caso del muestreo físicoquímico se utilizó una etiqueta, que fue pegado en los envases. La información básica registrada en el etiquetado es principalmente: punto de muestreo, hora de muestreo, fecha, nombre del muestreador, tipo de análisis a realizar. En la foto que se muestra a continuación, se observa los frascos utilizados para muestreo físicoquímico y el etiquetado de los frascos.



Figura N° 10: Frascos para muestreo fisicoquímico y labor de etiquetado

3.2.1.7 Forma de recolectar las muestras

Para análisis bacteriológico: La captación de la muestra fue de la siguiente manera: Se destapó la botella sosteniendo la tapa con una mano, con la otra se invierte boca abajo el envase y se introduce unos 30cm. bajo la superficie, se da vuelta de manera que se llene, evitando que el agua que toca la mano entre en la botella. Se saca el envase lleno hasta tres cuartas parte de su capacidad, se tapa inmediatamente, se coloca en la caja y se envía al laboratorio.

Para análisis fisicoquímico: Se tomó la botella destapada, por la parte inferior y se llenó parcialmente de agua dos o tres veces, se enjuaga y se bota fuera de la fuente. Luego se llena parcialmente de agua 30cm por debajo de la superficie y se hace un rápido recorrido hacia adelante para que termine de llenarse, se tapa y se almacena para luego enviarse al laboratorio.

En el caso de pozo se sacó el agua existente con balde lastrado, para que se renueve con agua fresca. Luego se sacó el balde lleno de agua para obtener la muestra y se enjuaga la botella tres veces consecutivas, llenándola por último completamente. Se coloca la tapa y se almacena para enviar al laboratorio.

Para obtener la muestra para lixiviados se utilizó guantes, como medida de seguridad, para evitar una posible contaminación (figura N° 11).



Figura N° 11: Recolección de muestras

3.2.1.8 Preservación, conservación y traslado de las muestras al laboratorio de análisis.

La etapa de recolección de muestras es de trascendental importancia. Los resultados de los mejores procedimientos analíticos serán inútiles si no se recolecta y manipula adecuadamente las muestras, para esto se siguieron las recomendaciones establecidos por el Ministerio de salud a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) y el laboratorio Envirolab Perú - SAC.

Consideraciones generales

Según el “Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de Recursos Hídricos”.

- Los frascos requeridos deben ser de polietileno (preferencia primer uso) o vidrio, los cuales deben estar limpios y secos para evitar contaminación.
- Todo equipo deben estar debidamente calibrados.
- Las muestras requieren almacenamiento a baja temperatura y/o preservación con químicos para mantener su integridad durante el transporte y antes del análisis en el laboratorio.
- Los preservantes químicos más comunes son ácido clorhídrico, nítrico, sulfúrico e hidróxido de sodio. Tener cuidado en su manipulación.
- Las cajas térmicas usadas para el transporte de las muestras deberán ser apropiadas para almacenar las muestras tomadas, materiales de empaque y hielo.

- Llenar los registros de cada muestra recolectada (ficha de muestreo) e identifique cada frasco (etiquetado)
- Utilice procedimientos formales que rastrean la historia de la muestra desde la recolección hasta su llegada al laboratorio de análisis (cadena de custodia).

Preservación de muestras

Para la preservación de muestras se siguió la guía de instrucciones recomendadas por ENVIROLAB PERU-SAC, según el tipo de análisis requerido:

➤ **Para el análisis bacteriológico:** Se utilizó hielo en forma de ice pack para refrigeración, que fueron colocados al costado de los frascos de vidrio, dentro del cooler.

➤ **Para análisis fisicoquímico**

Cloruros: se tomó 1/2 de muestra en frasco plástico, para luego guardar en refrigeración en el cooler.

Nutrientes (Fósforo total, Nitrógeno Amoniacal): Se tomó ½ litro de muestra en frasco, luego se agregó 20 gotas de $H_2SO_4(1:1)$ hasta $pH < 2$ guardando en refrigeración.

Metales pesados: (Cd, Cu, Cr, Fe, Pb, Hg, Ni): se tomó 1/2 litro de muestra en frasco plástico y se agregó 20 gotas de $HNO_3 (1:1)$ hasta $pH < 2$, posteriormente se mezcló para guardar en refrigeración.

D.B.O: Se tomó 1 litro de muestra en frasco plástico llenando completamente sin burbujas) y guardar en refrigeración.

D.Q.O: Se tomó ½ litro de muestra en frasco plástico y luego se agregó a la muestra con 20gotas de $H_2SO_4 (1:1)$ hasta $pH < 2$, se cerro y se mezcló para refrigerar.



Figura N° 12: Añadiendo preservante a las muestras(H_2SO_4)

Embalaje y transporte

Para el embalaje y transporte de las muestras se siguió la guía de instrucciones recomendadas por ENVIROLAB PERU-SAC, cuya finalidad es asegurar la calidad de las muestras, confiabilidad de los resultados y de prevenir riesgos potenciales de contaminación en el transporte tanto para las personas así como para el medio ambiente, asegurar la integridad del contenido de las muestras recolectadas de acuerdo a las siguientes instrucciones:

1. Asegurar que los contenedores de las muestras estén perfectamente selladas.
2. Colocar dentro de un mismo cooler las muestras recolectadas en envases de vidrio y de plásticos de tal forma que los envases de vidrio estén separados por envases de plásticos y de esa forma evitar roturas de los envases de vidrio. Separar las divisiones con esponja, cartón, plástico o cualquier otro material amortiguante, sí es necesario.
3. Si las muestra recolectadas son todos en envases de vidrio, colocar los envases en el cooler, separando las divisiones con esponja, cartón, plástico o cualquier otro material amortiguante.
4. Colocar ice pack o hielo para mantener la condición fría hasta la llegada al laboratorio.

5. Colocar la Cadena de Custodia en una bolsa de plástico, hermetizar y pegarla dentro del cooler.
6. Llenar espacios libres con material de muestreo de plástico sobrante para no permitir el movimiento de las botellas.
7. Sellar el cooler con cinta adhesiva para evitar que el cooler se abra durante el transporte. Se recomienda un sello de seguridad (una cinta que mostraría si se abrió el cooler).
8. En el cooler indicar mediante el uso de etiquetas u otro medio, que el cooler es frágil e indicar la correcta posición de transporte del mismo mediante el uso del símbolo de flechas. Es una buena medida que los coolers estén enumerados para su verificación en la recepción.
9. Depositar los cooler conteniendo las muestras en la agencia de transporte terrestre o aéreo según sea el caso.
10. Solicita la factura por el depósito y el envío de las muestras a la agencia de transporte.

Las muestras para análisis bacteriológico, fueron transportados y entregados en el Laboratorio Referencial del Ministerio de Salud, ubicado en el distrito de Morales a menos de 24 horas de realizado el muestreo.

Las muestras para análisis fisicoquímico, metales pesados, DBO y DQO, se refrigeraron con hielo, luego se colocó la cadena de custodia en el cooler, posteriormente fueron embalados y sellados con cinta de embalaje adecuadamente y enviado vía Courier hacia Lima para la entrega al Laboratorio ENVIROLAB SAC.

3.2.2 Lugar de análisis de muestras

- El análisis físico, que se realizó in situ fue el parámetro de temperatura, con el equipo proporcionado por la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado San Martín (EMAPA SAN MARTIN S.A.), tal como se aprecia en la figura N° 13.
- Los análisis bacteriológicos se efectuaran en el Laboratorio Referencial del Ministerio de Salud por medio de la firma de un convenio. Estos análisis se basan en los Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales de American Public Health Association, American Water Works, Association Water Pollution Control Federation 20th Edition, 2005,

Environmental Protection Agency y los métodos sugeridos por Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater(APHA).

- Los análisis de los parámetros fisicoquímicos se efectuarán en Laboratorio Referencial del Ministerio de Salud del Ministerio de Salud y el laboratorio ENVIROLAB PERU-SAC, cuyos análisis se basan en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater(APHA) y las Normas Técnicas Peruanas de INDECOPI-1999.



Figura N° 13: Medición de temperatura in situ

3.2.3 Aforo de lixiviados

El aforo de los lixiviados se realizó con la finalidad de obtener datos de producción de lixiviados provenientes del botadero; utilizándose el método de aforo con flotadores también conocido también como método velocidad-área, método recomendado por la Universidad de Málaga; que consiste en medir la sección promedio del curso y la velocidad en la misma: Primeramente se establece la distancia entre ambos puntos, luego se mide el área transversal de la sección, y finalmente el tiempo que demora en recorrer el flotador toda la longitud del tramo escogido. .

Para la ejecución del aforo se procede de la siguiente forma. Se toma un trecho de la corriente de longitud L; se mide el área A, de la sección; se lanza un cuerpo que flote, aguas arriba de primer punto de control, y al paso del cuerpo por dicho punto se inicia la toma del tiempo que dura el viaje hasta el punto de control corriente abajo. La cantidad de datos tomados del tiempo fue de 5, para luego aplicar el tiempo promedio y calcular la velocidad aplicando la fórmula: $v=d/t$.

Posteriormente se aplicó la fórmula de caudal $Q=v \times A$. Parte de la labor realizada se observa en la foto siguiente:



Figura N° 14: Aforo de lixiviados del botadero
Fuente propia

3.3 Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación se ajusta al tipo descriptivo, sobre la que se buscó especificar y analizar la calidad del agua en el área circundante del botadero de Tarapoto. Los estudios descriptivos se caracterizan por la selección de una serie de variables y se mide cada una de ellas independientemente, para así describir lo que se investiga (Hernández *et al*, 1999).

3.4 Diseño de investigación

El tipo de investigación es no experimental de tipo seccional y lo que se hace en estos tipos de investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para luego analizarlas (Hernández, *et al*, 1999). Los diseños seccionales tienen la ventaja de que se basan en la observación de objetos de investigación tal como existe en la realidad, sin intervenir en ellos ni mucho menos manipularlas (Sierra, 1993).

3.5 Métodos de análisis de datos

3.5.1 Fuentes de información

Las fuentes de información utilizadas para los análisis de datos se basaron en datos obtenidos de:

- La Carta Geológica Nacional obtenida del Instituto Geológico Minero y metalúrgico del Ministerio de Energía y Minas.
- Ley de recursos Hídricos
- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.
- Norma técnica peruana de control de calidad de agua para Consumo Humano de NDECOPI.
- Límites Máximos Permisibles (LMP) de Efluentes de Infraestructuras de Residuos Sólidos Decreto Supremo N° 08- 2009- MINAM.
- Reglamento de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos. Decreto Supremo N° 057-2004-PCM.
- Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, preparado y publicado por APHA, AWWA, WPCF.
- Imagen satelital Landsat 2007(8-65) DEM
- Perfil Técnico "Construcción de Relleno Sanitario e Instalación de Planta de reciclaje para la provincia de San Martín. CONCIN IIRSA NORTE. 2007.

3.5.2 Metodología de análisis

La metodología de análisis se siguió de acuerdo al parámetro a analizar según las normas internacionales para la caracterización de la calidad del agua (APHA-AWWA-WPCF, 1992) las cuales se encuentran incluidas en los denominados "Métodos Normales para el Examen de las Aguas Residuales" (Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater) y la norma técnica peruana referido a calidad del agua.

3.5.2.1 Metodología de análisis microbiológico

El método seguido es el método de los tubos múltiples por numeración de coliformes totales y termotolerantes por el método de Tubos Múltiples (Número más probable). (APHA), 1992, donde se hacen dos pruebas: la prueba presuntiva y la prueba confirmativa.

El método consistió en utilizar como medio de cultivo para la prueba presuntiva, Caldo Lauril Triptosa en volúmenes de 10 mL de concentración simple (X), para inóculos de 1 mL y de doble concentración (2x) para inóculos de 10 mL.

Luego de inoculada la muestra y/o sus diluciones, se incubó a 35°C por 24-48 horas, considerándose como positivos los tubos con presencia de gas y turbidez.

De los tubos positivos, se transfirió una azada a tubos con Caldo Brila y Caldo EC. Se incubó a 35°C por 24-48 horas los tubos de Caldo Brila y a 44,5°C durante 24 horas los tubos con Caldo EC.

La formación de gas en tubos de Caldo Brila y Caldo EC, se consideró como positivo para Coliformes Totales y Coliformes Fecales (Termotolerantes) respectivamente. Luego se hizo la lectura del Número más Probable (NMP) en las tablas correspondientes, estimándose como Número más probable (NMP) de Coliformes Totales por 100 mL y NMP de Coliformes Fecales por 100 mL.. El diagrama esquemático se muestra en la figura N° 15.

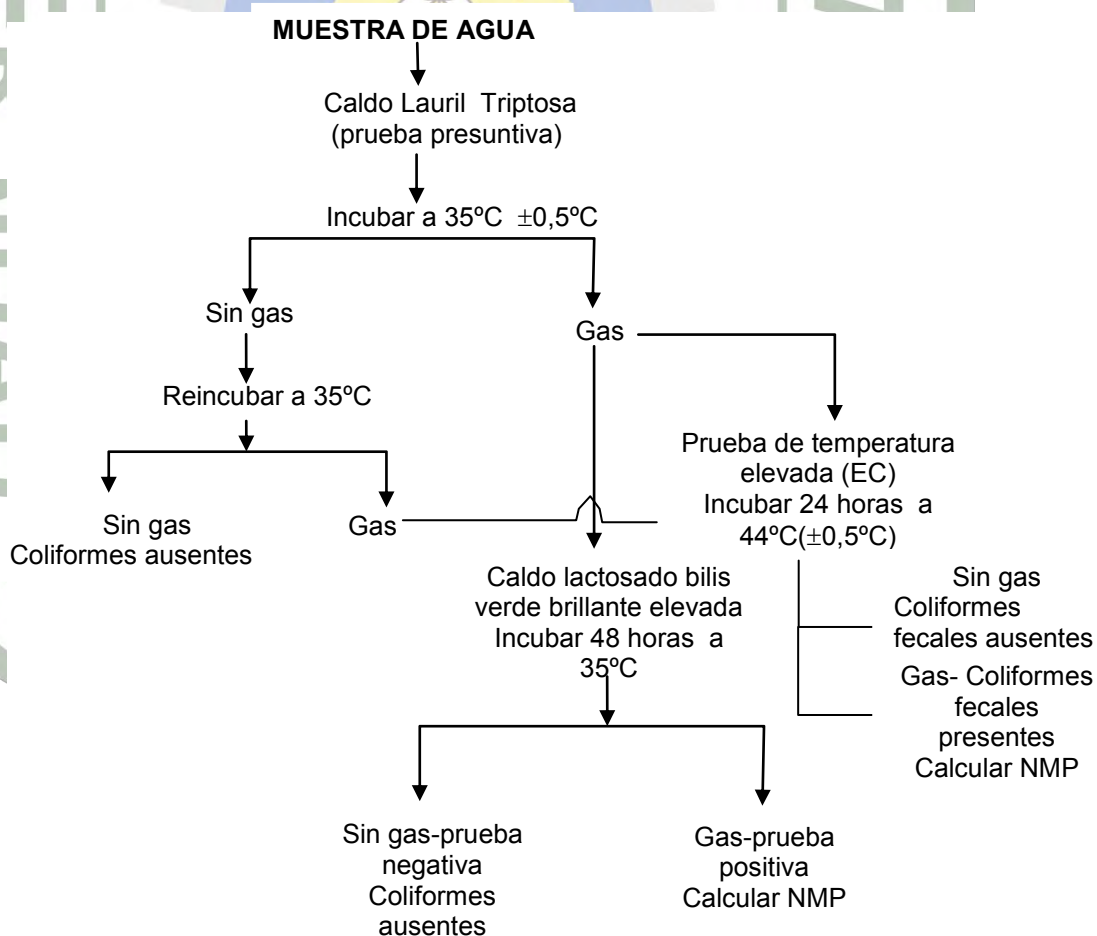


Fig N° 15: Diagrama esquemático para detectar coliformes totales y coliformes fecales

Fuente: CEPIS 1998

3.5.2.2 Metodología de análisis fisicoquímico

El laboratorio Referencial de Salud Pública-MINSA y el laboratorio ENVIROLAB SAC utilizaron varios métodos de análisis, las cuales se describen a continuación:

➤ **Dureza total**

Se realizó mediante el método Titulométrico de EDTA, de la Norma Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2340 B, 21st. Ed.2005

Se basa en la Determinación Cuantitativa Volumétrica Quelatométrica de Dureza Total en Aguas Naturales.

➤ **Cloruros**

Resumen del método

Una muestra acidificada se valora con nitrato de mercurio en presencia de la mezcla diphenylcarbazono indicador de azul de bromofenol. El punto final de la valoración es la formación de los azul-violeta de mercurio complejo diphenylcarbazono. **(EPA 325.3)**

➤ **Alcalinidad total**

Término para designar la alcalinidad medida en mg/L de CaCO_3 , mediante titulación a pH 8,3 y pH 4,5. Las variaciones de color producidas por los indicadores como fenolftaleína o púrpura de metacresol (a pH 8,3), verde de bromocresol o una mezcla de verde de bromocresol y rojo de metilo o anaranjado de metilo(a pH 4,5) conceden utilidad a estos indicadores para la determinación de la alcalinidad.

Se realizó mediante el método Volumétrico para la determinación de Alcalinidad Parcial y Total en Aguas Naturales, según la la Norma Técnica peruana(NTP) 214.026-1999 basada en la Norma Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2320 B, 21st. Ed.2005,

Se basa en la titulación del agua con ácido valorado en presencia de dos indicadores.

Los carbonatos en presencia del fenolftaleína y los bicarbonatos en presencia de Morado de Metilo.

➤ **Turbidez**

Se realizó mediante el método Nefelométrico de la Norma Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2130 B; 21st. ED.2005 y la Norma Técnica peruana (NTP) 214.006-1999

Principio

Este método se basa en la comparación de la intensidad de luz dispersada por la muestra en condiciones definidas y la dispersada por una solución patrón de referencia en idénticas condiciones. Cuanto mayor es la intensidad de luz dispersada, más es la turbidez. Como suspensión patrón de turbidez de referencia se emplea el polímero formacina.

➤ **Nitrógeno amoniacal (N- amoniacal)- SM 4500NH3-F**

Se aplicó el método - SM 4500NH3-F, basada en la Norma Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2130 B; 21st. ED.2005

Principio. En el electrodo selectivo de amoníaco se utiliza una membrana hidrófoba permeable al gas para separar la solución de muestra en una solución interna del electrodo de cloruro de amonio. El amoníaco disuelto ($\text{NH}_{3(\text{ac})}$ y NH_4^+) se convierte en $\text{NH}_{3(\text{ac})}$ elevando el pH por encima de 11 con una base fuerte. $\text{NH}_{3(\text{ac})}$ se difunde a través de la membrana y cambia el pH de la solución interna que es apreciado por un electrodo de pH. El nivel fijo de cloruro se detecta por un electrodo selectivo de ion de cloruro que sirve de electrodo de referencia. Las determinaciones potenciométricas se hacen con un medidor de pH que tiene una escala expandida en milivoltios o con un iónmetro específico. Este método es aplicable para determinar de 0,03 a 1.400 mg de $\text{NH}_3\text{-N/L}$ en agua potable aguas superficiales y en las aguas residuales domésticas e industriales.

➤ **Nitrógeno orgánico- Método 4500-NorgB (Método macro-Kjeldhal)**

Principio

El método Método 4500-NorgB (Método macro-Kjeldhal) está basada en la Norma Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2130 B; 21st. ED.2005 donde determina el nitrógeno en estado trinegativo. Si se determina individualmente el nitrógeno Kjeldhal y el amoniacal, se puede obtener el “nitrógeno orgánico” por diferencia.

En presencia de H_2SO_4 , sulfato potásico (K_2SO_4) y sulfato mercúrico (HgSO_4) catalizador, el nitrógeno amino de muchos materiales orgánicos se transforma en sulfato de amonio (NH_4) $_2\text{SO}_4$. El amoníaco libre y nitrógeno-amonio también se convierte en (NH_4) $_2\text{SO}_4$. Durante la digestión de la muestra, se forma un complejo de mercurio amonio que luego se descompone por el tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$). Tras la descomposición el amoníaco se destila desde un medio alcalino y se absorbe en ácido bórico o sulfúrico. El amoníaco se determina colorimétricamente o por titulación con un ácido mineral patrón.

Selección del método para medición del amoníaco; que puede ser el método colorimétrico o los métodos titulométricos y de ión selectivo para medir el amoníaco del destilado para una amplia gama de concentraciones de nitrógeno orgánico.

➤ **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).**

Alcance y aplicación

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se utiliza para determinar la relación y las necesidades de oxígeno de las aguas residuales. La aplicación de la prueba para los vertidos de residuos orgánicos permite calcular el efecto de los vertidos de los recursos de oxígeno de las aguas receptoras. Los datos de las pruebas de DBO se utilizan para el desarrollo de criterios de ingeniería para el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales.

La prueba de DBO es un bioensayo procedimiento que mide la disolución de oxígeno consumido por la vida microbiana, la asimilación y la oxidación de los orgánicos presentes. Las condiciones de prueba estándar incluyen incubación a 20 ° C durante un período de tiempo determinado (generalmente 5 días). Las condiciones ambientales de la temperatura, el movimiento biológico, la concentración de la luz solar y el oxígeno no puede ser reproducido con exactitud en el laboratorio.

Resumen del método

La muestra de los residuos, o una dilución apropiada, se incuba durante 5 días a 20 °C en la oscuridad. La reducción en la concentración de oxígeno disuelto durante la incubación los rendimientos de un período de medida de la demanda bioquímica de oxígeno.

Determinación de oxígeno disuelto en la prueba de DBO puede hacerse mediante el uso de cualquiera de los métodos, con el Full-Botella Winkler modificado o con el método de la sonda.

La información adicional relacionada con el oxígeno exigentes, características de las aguas residuales se puede obtener mediante la aplicación del carbono orgánico total y pruebas de la demanda química de oxígeno.

La utilización de botellas de 60 ml de incubación, en lugar de las habituales botellas de 300 ml de incubación, en relación con la investigación, a menudo es conveniente (EPA 405.1)

➤ **Demanda química de oxígeno (DQO)**

La demanda química de oxígeno (DQO) determina la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica en una muestra de residuos, en virtud de las condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo.

La prueba utiliza una oxidación química específica el resultado no tiene definida relación a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de los residuos o en el Carbono Orgánico Total (COT) de nivel. El resultado de la prueba debe ser considerada como un la medición independiente de la materia orgánica en la muestra, más que como un sustituto de la DBO o la prueba de COT.

El método puede aplicarse a las muestras de residuos domésticos e industriales que tengan un concentración de carbono orgánico de más de 50 mg / L.

Resumen del método

Las sustancias orgánicas e inorgánicas oxidables en la muestra se oxidan con dicromato de potasio en 50% de solución de ácido sulfúrico a temperatura de reflujo. El Sulfato Plata es utilizado como un catalizador y sulfato de mercurio se añade para eliminar el cloruro de interferencia. El exceso de dicromato se valora con una amonio ferroso, sulfato ferroso utilizando complejos ortofenantrolina como indicador. (EPA 410.1)

➤ **N-Nitrato**

Alcance y aplicación

Este método es aplicable a los análisis de agua potable, de superficie, aguas salinas

y residuos domésticos e industriales. Esta prueba hace para eliminar compuestos orgánicos, corregir la turbidez, color, salinidad disueltos en la

muestra.

El rango de aplicaciones de las concentraciones es de 0,1 a 2 mg NO₃-N/L.

Resumen del método

Este método se basa en la reacción de los iones de nitrato con sulfato de brucina en una solución de H₂SO₄ N 13, a una temperatura de 100 ° C. El color del complejo resultante se mide a 410 nm. Control de la temperatura de la reacción de color es extremadamente crítico. **(EPA 352.1)**

➤ Metales pesados

Determinación de metales y elementos traza en el agua y residuos por plasma de acoplamiento inductivo-Espectrometría de emisión atómica

■ Resumen del método

Una parte alícuota de una muestra bien mezclados, acuosa o sólida homogénea exactamente pesada o medida para el procesamiento de la muestra. Para ser objeto de reembolso total de el análisis de un sólido o una muestra acuosa que contiene material disuelto, los analitos son los primeros solubilizados por reflujo suave con nítrico y ácido clorhídrico Después del enfriamiento, la muestra está formada por el volumen, se mezcla y se centrifuga o se deja reposar durante la noche antes del análisis. Para la determinación de los analitos disueltos en una alícuota de filtrado de la muestra acuosa, o para el "análisis directo de la" determinación de reembolso total de los analitos en el agua potable de agua donde la turbidez de la muestra es <1 NTU, la muestra se prepara para análisis de la adición apropiada de ácido nítrico, y luego diluido a una volumen predeterminado y se mezcla antes de su análisis.

El análisis descrito en este método consiste en la determinación multielemental por ICP-AES con instrumentos secuencial o simultánea. Los instrumentos característica medida atómica espectros de líneas por espectrometría de emisión óptica. Las muestras son nebulizadas y el aerosol resultante es transportado al plasma de la antorcha. Los elementos de espectros de emisión específicos son producidos por un aparato de radio-frecuencia plasma de acoplamiento inductivo. Los espectros son dispersados por una reja espectrómetro, y las intensidades de las líneas espectrales son específicas de seguimiento a longitudes de onda por un dispositivo fotosensible. Photocurrents del dispositivo fotosensible son procesados y controlados por un sistema informático. Una técnica de corrección de fondo es necesaria para compensar las variables la

contribución de fondo a la determinación de los analitos. El fondo deberá medirse junto a la longitud de onda de analito durante el análisis (**EPA 200.7**)



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Ubicación de los puntos de muestreo

Para la ubicación de los puntos de muestreo, se tuvo en consideración las recomendaciones hechas por (**Salazar, 2009**) que manifiesta que se debe tener en cuenta la dinámica de los flujos de agua y del recorrido de los lixiviados provenientes de la parte alta de la microcuenca y la ubicación de las fuentes de agua así como su uso en el área de influencia del botadero.

Los puntos de muestreo se georeferenciaron con GPS, registrándose las coordenadas UTM, que se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 12: Localización de puntos de muestreo

Nombre	Coordenadas UTM		ALTITUD(m)	REFERENCIA
	X(Este)	Y(Norte)		
Pozo de Yacucatina	0356064	9260721	309	Localidad Yacucatina
Pozo Rafael Linares	0353967	9263672	250	Predio Sr, Rafael Linares
Humedal Yasnatur	0354022	9264260	237	Predio del Sr. Héctor Sánchez
A 200m de botadero	0355600	9264539	299	A 200m del botadero
Humedal Inchahui	0353709	9264870	236	Predio del Sr. Moisés Paredes

Fuente: Elaboración propia 2010

El primer punto (Pozo de Yacucatina) se ubica en la localidad de Yacucatina; que sirvió como punto de referencia para comparar los niveles del grado de contaminación con los demás puntos; puesto que esta fuente es utilizada para consumo humano por los habitantes de dicha localidad, además en toda el área cercana al botadero no existe otra fuente de agua de uso doméstico. Se encuentra ubicado en las coordenadas rectangulares mostradas en el cuadro N° 12 y se muestra en la figura N° 16.



Figura N° 16: Primer punto de muestreo-pozo de Yacucatina

El segundo de muestreo mostrado en la figura N° 17, es un pozo que se encuentra en el predio del Sr. Rafael Linares, ubicándose en forma paralela a 50m de la carretera Fernando Belaunde a la altura del Km 25, en las coordenadas $X = 0353967m$, $Y = 9263672 m$, que se observa en el cuadro N° 12.



Figura N° 17: Segundo punto de muestreo

Este punto fue tomado como punto de muestreo, porque es una fuente de agua utilizada como fuente de contacto primario, tal como indica los Estándares de Calidad Ambiental (ECA); esta fuente es utilizada para aseo personal de los trabajadores que laboran en dicho predio.

En la figura N° 18, se muestra el tercer punto de muestreo que se encuentra en el humedal Yasnatur, en el predio del Sr. Héctor Sánchez ubicado a 200m de la carretera que conduce a la localidad de Utcurarca, esta fuente de agua es utilizada para bebida de ganados vacunos, ovinos, aves y como riego de plantas de tallo bajo, tal como se observa en la Figura N° 19. Además este humedal es utilizado como refugio de aves silvestres. Este humedal se forma por las aguas provenientes de las aguas de escorrentía provenientes de la localidad de Yacucatina y por infiltración de las aguas de la cuenca alta, por eso este humedal es conocido también como zanja de Yasnatur cuya ubicación georeferenciada es mostrado en el cuadro N°12.



Figura N° 18 : Tercer punto de muestreo: Humedal Yasnatur

Fuente: propia 2009



Figura N° 19: Humedal Yasnatur- utilizado para riego de vivero

El cuarto punto de muestreo figura N° 20), se tomó a 200m de la parte baja del botadero en dirección Nor Oeste del botadero, cuyas coordenadas son: X = 0355600m, Y = 9264539m, por donde discurren los lixiviados; con la finalidad de conocer los diversos contaminantes que pueden contener, además para averiguar la forma de contaminación que puede estar causando sobre los cuerpos de agua en la parte baja del mismo.



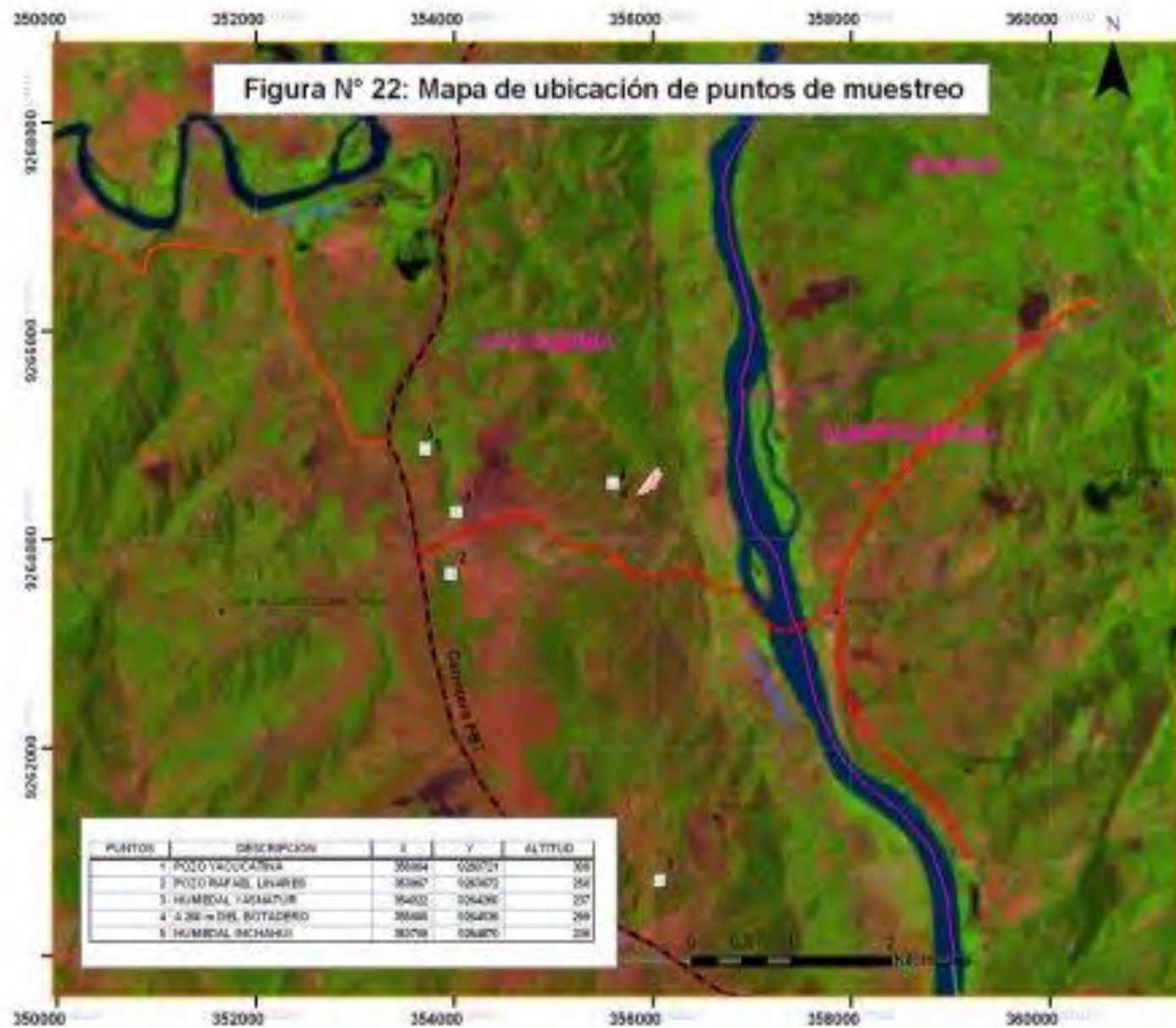
Figura N° 20: Cuarto punto de muestreo

El quinto punto de muestreo (ver figura N° 21), fue tomado el humedal Inchahui, que se encuentra ubicado en la propiedad del Sr. Moisés Paredes y en forma paralela a la margen izquierda de la carretera Fernando Belaunde Terry a la altura del Km 23 a 100m de la misma y coordenadas X= 0353709m, Y= 9264870 m esta fuente está formada por aguas provenientes de infiltraciones escorrentías de agua provenientes de la parte alta de la cuenca, donde está ubicado el botadero. Además paralela a la misma se encuentra una zanja por donde discurren los lixiviados en tiempo de avenida. Las aguas de este humedal son utilizadas para riego de vegetales y como fuente de agua de animales silvestres.



Figura N° 21: Quinto punto de muestreo

En la imagen satelital se muestra la ubicación espacial de los puntos de muestreo (Figura N° 22), donde se puede apreciar la distribución simétrica de los puntos, tal como lo recomienda (Salazar 2008), que nos permite tomar muestras representativas y asegurar la confiabilidad de los resultados de los análisis, que conduzcan a la obtención de resultados y que sirva de base a las autoridades competentes para tomar acciones correctivas en el manejo adecuado del botadero.



Proy. GDA, EDICION
 Geografía Nacional, Instituto
 Geográfico Nacional,
 Imagen Satelital Landsat 2007
 GDA, IGN

DATUM HORIZONTAL WGS 84
PROYECCION UTM
ZONA 18 S
 Escala: 1:55.000

4.2. Aforo de lixiviados

Se realizó el aforo durante los meses que se observa en el cuadro 13, donde se muestran los resultados obtenidos del caudal; la figura N° 23 muestra en un diagrama de barras estos resultados.

Cuadro N° 13: Aforo de lixiviados

N° Medición	Mes	Caudal(L/s)
1	Junio	2,20
2	Julio	1,34
3	Agosto	0,52
4	Setiembre	0,85
5	Octubre	0,65
6	Noviembre	0,48

Fuente : Elaboración propia 2010

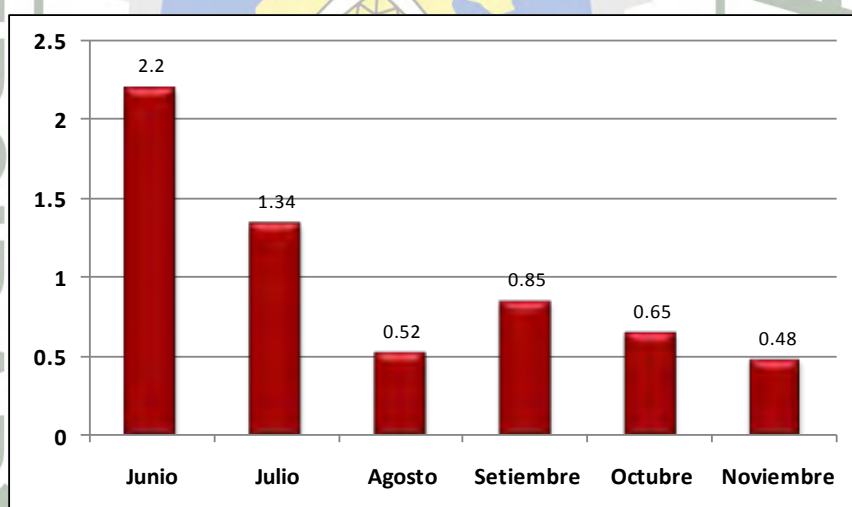


Figura N° 23: Caudal de lixiviados (L/s)

El caudal de lixiviados está en función de la precipitación (lluvias), del contenido de humedad de los residuos sólidos y la producida en la descomposición, tal como afirma **Fernández (2006)**. En tal sentido se puede inferir que existe una estrecha relación entre la precipitación y la cantidad de lixiviados; ya que en el mes de Junio hubo mayor precipitación, que en los demás meses, lo cual se demuestra con los resultados que se observa en la figura 23.

4.3. Análisis físico químico

4.3.1 Temperatura

La temperatura fue tomada directamente en campo con un termómetro digital, en las mismas fechas y hora de la recolección de muestras. Las fuentes de agua que están más expuestas a la radiación solar presentan mayor temperatura; la fuente Yacucatina tiene menor temperatura que las demás fuentes tal como se observa en la figura 24, por ser fuente de agua subterránea.

Si observamos la figura 24, las estaciones de muestreo Rafael Linares y Humedal Inchahui presentan valores más altos de temperatura comparados con las demás estaciones de muestreo, además tienen un color ligeramente verdoso y esto demuestra que las temperaturas mayores conducen al crecimiento de algas y bacterias, lo que corrobora lo afirmado por **Rigola (1999)**.

El humedal Yasnatur tiene una temperatura menor comparada a las demás fuentes de agua superficiales, esto se debe a que este humedal está cubierto de plantas acuáticas y casi toda la orilla tiene vegetación, lo cual impide los cambios bruscos de temperatura.

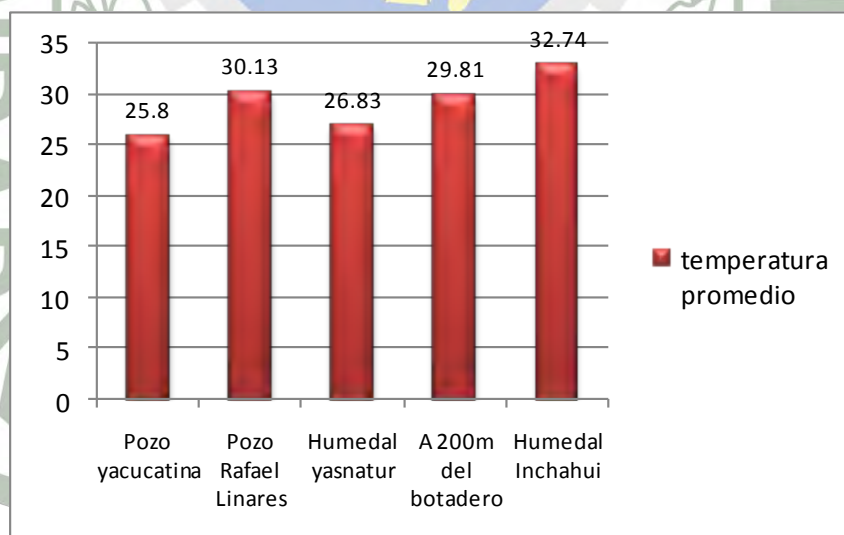


Fig. N° 24 : Medición de temperatura

4.3.2 Turbiedad

Los contaminantes que causan turbiedad en el agua son las partículas en suspensión, tales como arcilla, minerales, sedimento, materia orgánica e inorgánica finamente dividida. Los lixiviados muestreados en el punto 4 muestran

esta característica, presentando un valor promedio de 301.49 UNT, que sobrepasa al Estándar de Calidad Ambiental para aguas (ECA) y esto se debe a que el lixiviado presenta partículas en suspensión y en forma de coloides.

En el punto 2 presenta valores de 21.86 UNT, debido a la presencia de algas; en la estación 5 tiene un valor de 7.86 UNT esta turbiedad se presenta por presencia de algas pero en menor proporción; es decir que estas aguas pueden ser utilizadas como agua potable previo tratamiento por simple desinfección, desde el punto de vista de la turbidez. Los valores promedios se presentan en la figura N° 25.

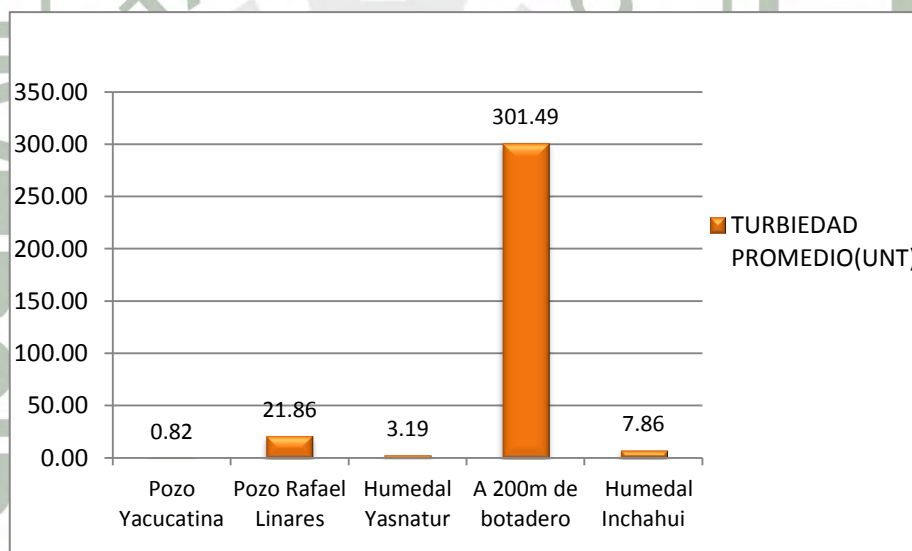


Figura N° 25: Turbiedad

4.3.3 pH

Todas la fuentes de agua son aguas ligeramente ácidas; mientras que los lixiviados tienen un pH ligeramente alcalino, que se demuestra con los resultados obtenidos en los análisis, los cuales están dentro del rango establecido en los Estándares de calidad ambiental para Aguas (ECA) de 6.5 – 8.5. Si comparamos los valores promedios obtenidos de los cinco puntos de muestreo mostrados en la figura N° 26, podemos observar que en el punto 4 tiene un valor de 7.83 que se aproxima a la neutralidad (6.5 – 7.5), indicado por Hans-Jürgen Ehrig (1992), que afirma que este valor se debe a que los componentes de los lixiviados se encuentran en la etapa metanogénica, además debido a que los lixiviados provienen de un vertedero joven de una edad aproximada de 5 años.

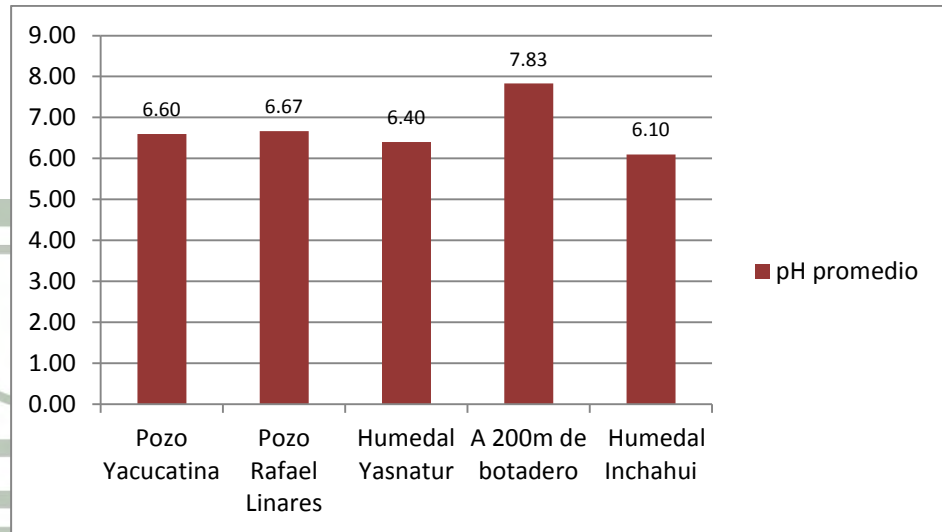


Figura N° 26: pH

4.3.4 Alcalinidad (CO_3H)

Con respecto a la alcalinidad se analizó como ion bicarbonato. Los Estándares de Calidad Ambiental para Agua fija un valor de 370mg/L, para agua de categoría 3, que se muestra en el cuadro N° 5.

Los valores promedios obtenidos de los diferentes puntos de muestreo están por debajo de este valor, a excepción del punto 4 muestreado a 200m del botadero, que supera este valor (574.67mg/L); esto significa que los lixiviados provenientes del botadero no son aptos para riego de vegetales y para otros usos, siendo peligroso para la salud pública y de animales que consumen de esta fuente.

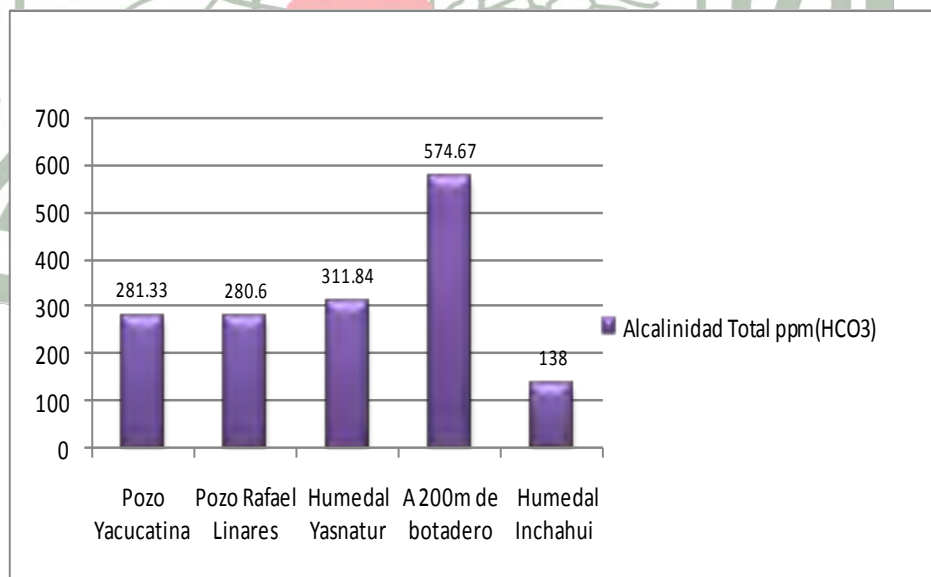


Figura N° 27 : Alcalinidad Total

4.3.5 Dureza Total

En la figura 28 observamos los resultados de las fuentes de agua que están por debajo de los límites permisibles indicados en la normatividad nacional (ECA), cuyo valor es de 5000 mg/L es decir que todas las fuentes pueden ser utilizadas por desinfección desde el punto de vista de la dureza.

Así mismo se observa que el valor obtenido para los lixiviados supera ligeramente a lo establecido en los ECAs (5066.67 mg/L).

La presencia de compuestos que causan la dureza en las fuentes de agua del área de influencia del botadero, se debe principalmente al arrastre de sustancias que contienen el suelo, por escorrentía de las precipitaciones pluviales.

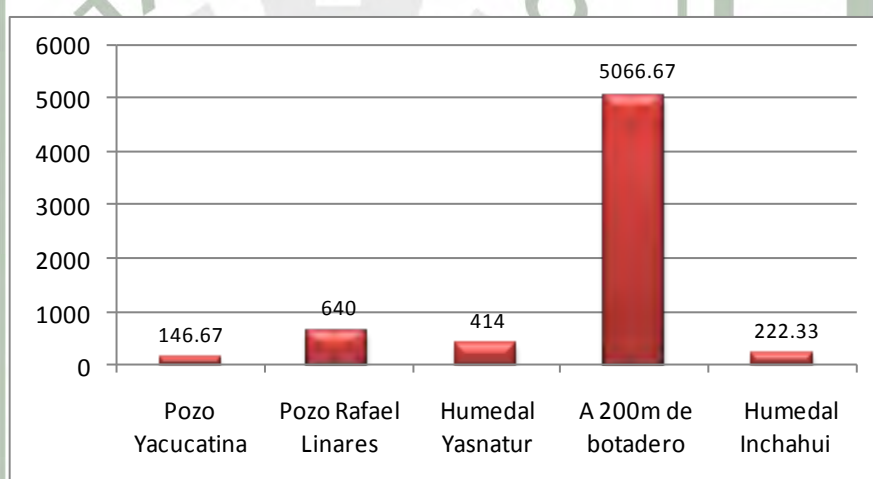


Fig. N° 28: Dureza Total(CaCO₃) - Valores promedio

4.3.6 Cloruros

La figura N° 29, muestra un valor de 3199.67 mg/L de cloruros en el punto de muestreo N° 4 (a 200 m del botadero) corroborando lo afirmado por Trejo (1999), que los cloruros son uno de los contaminantes más importante de los lixiviados.

Según la normatividad nacional (ECAs) el valor para los cloruros es de 100mg/L, para aguas de Categoría 3, según el cuadro N° 5. Observando que los valores obtenidos en los demás puntos de muestreo están por debajo de este valor, eso indica que estas puntos de muestreo carecen de contaminación por cloruros.

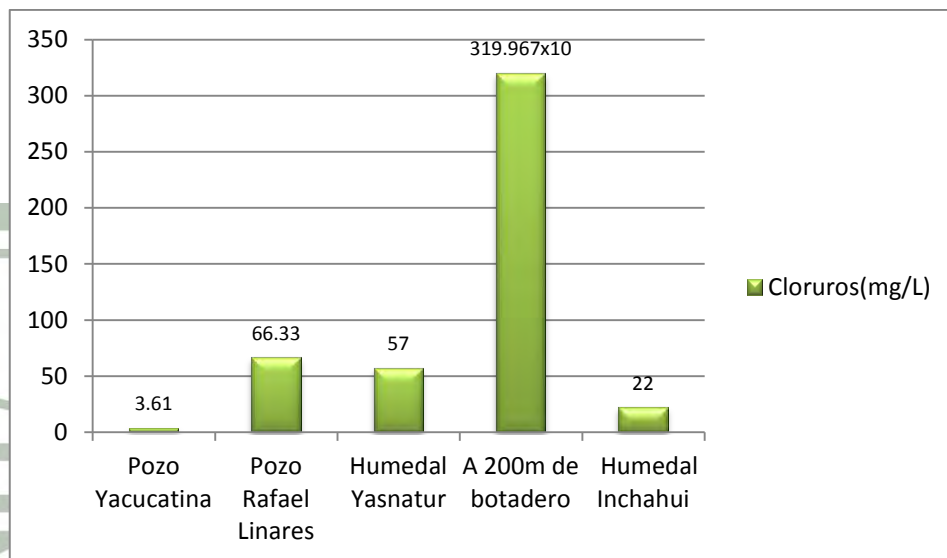


Figura N° 29: Cloruros

4.3.7 Nitratos

Los nitratos se forman en la naturaleza por la descomposición de los compuestos nitrogenados como las proteínas, la urea etc. En esta descomposición se forma amoníaco o amonio respectivamente. Los nitratos y nitritos son iones que existen de manera natural y que forman parte del ciclo del nitrógeno.

Los valores obtenidos en el laboratorio se pueden observar en la figura N° 30 y el cuadro N° 14; de los cuales ninguna de las muestras sobrepasan los Estándares de Calidad de Aguas (ECA) y los límites permisibles establecidos en Decreto Supremo N° 08- 2009- MINAM, mostrados en los cuadros del N° 4 al N° 8 respectivamente.

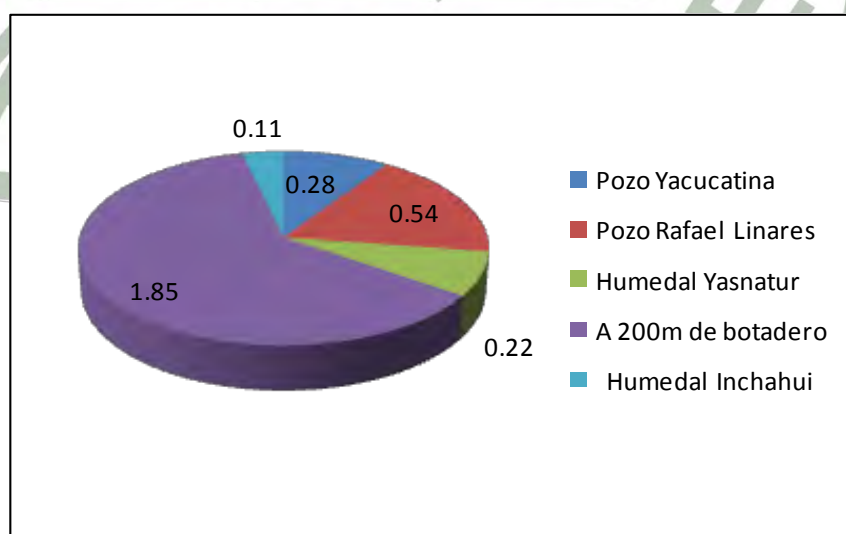


Figura N° 30: N-Nitrato(mg/L)

Cuadro N° 14. Comparación de valores de Nitratos obtenido con la normatividad Nacional

PUNTOS DE MUESTREO	Nitratos(mg/L)	Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM(ECAs)- Riego de vegetales y de bebida de animales	Decreto Supremo N° 08-2009-MINAM
Pozo Yacucatina	0.28	10, 50 mg/L	10 mg/L
Pozo Rafael Linares	0.54	10, 50 mg/L	10 mg/L
Humedal Yasnatur	0.22	10, 50 mg/L	10 mg/L
A 200m de botadero	1.85	10; 50 mg/L	10 mg/L
Humedal Inchahui	0.11	10, 50 mg/L	10 mg/L

4.3.8 Nitrógeno amoniacal

Los resultados promedios obtenidos se muestran en el cuadro N° 15, donde el primer punto de muestreo tiene un valor de 0.01 mg/L de Nitrógeno amoniacal, valor menor comparado a los estándares de calidad de aguas de categoría 3 y 4(**Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM**) y mucho menor que los Límites permisibles para efluentes de infraestructuras de disposición final de residuos sólidos(**Decreto Supremo N° 08- 2009- MINAM**); es decir que el valor obtenido para esta fuente carece de contaminación de nitrógeno amoniacal; además este fuente es utilizada como fuente de agua para bebida de la población de Yacucatina. Los puntos de muestreo 2,3 y 5 superan a los Estándares de Calidad Ambiental para Aguas, esto se debe a que estas aguas poseen carga orgánica, que al descomponerse generan amoniaco que es la fuente de nitrógeno; que posiblemente provengan de excrementos de animales, putrefacción de plantas, aguas residuales agrícolas que son arrastrados principalmente por escorrentía.

Los lixiviados del cuarto punto de muestreo tiene un valor muy alto de 225.83mg/L y esto se debe a que es agua proveniente del botadero de Yacucatina que es relativamente joven y que está dentro del rango de 10 a 800mg/L, según (Tchobanoglous1998) como se observa en el cuadro N° 3.

Cuadro N° 15: Comparación de resultados obtenidos de Nitrógeno Amoniacal con la Normatividad

PUNTOS DE MUESTREO	Nitrógeno amoniacal(mg/L)	Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM(EC As)	Decreto Supremo N° 08-2009- MINAM
Pozo Yacucatina	0.01	0,05 mg/L	10 mg/L
Pozo Rafael Linares	0.25	0,05 mg/L	10 mg/L
Humedal Yasnatur	0.46	0,05 mg/L	10 mg/L
A 200m de botadero	225.83	0,05 mg/L	10 mg/L
Humedal Inchahui	0.11	0,05 mg/L	10 mg/L

4.3.9 Nitrógeno orgánico

Varios compuestos de nitrógeno son nutrientes esenciales. Su presencia en las aguas en exceso es causa de eutrofización. El nitrógeno se presenta en muy diferentes formas químicas en las aguas naturales y contaminadas. En los análisis habituales se suele determinar el NTK (nitrógeno total Kendahl) que incluye el nitrógeno orgánico y el amoniacal. Los límites permitidos para conservación de vida acuática se da en los Estándares de calidad para aguas que tiene un valor de 1.6 mg/L (Cuadro N° 7) y según los resultados obtenidos que se muestran en la figura N° 31, solamente el primer punto de muestreo (Pozo de Yacucatina), carece de contaminación por nitrógeno orgánico. Los puntos de muestreo “Rafael Linares”, humedal “Yasnatur” y humedal “Inchahui” están en proceso de eutrofización. El valor obtenido a 200m del botadero es de 258.9 mg/L, que supera largamente el ECA y eso se debe a que es muestra de lixiviado, donde tiene una carga orgánica alta y proviene de un botadero joven según el cuadro N° 3.

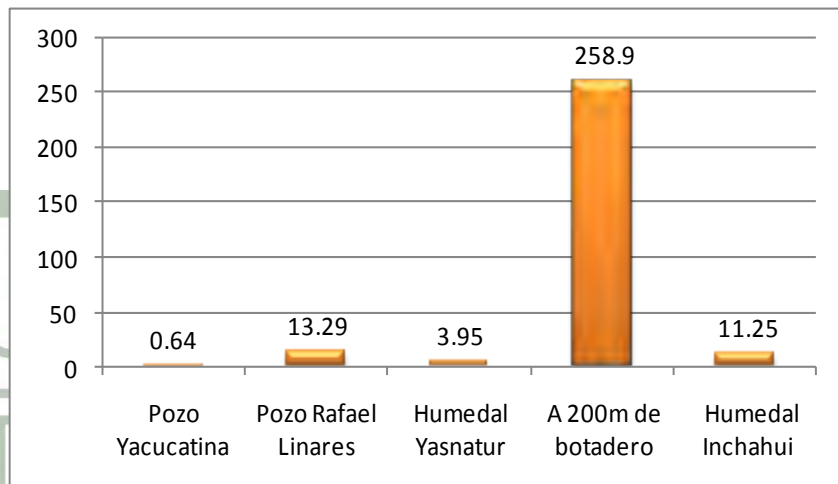


Figura N° 31: Nitrógeno orgánico (mg/L)

4.3.10 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

La Demanda Bioquímica de Oxígeno, es una característica cuantificable del grado de contaminación del agua a partir de su contenido de sustancias biodegradables, ya que nos indica la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación bioquímica, de los compuestos orgánicos degradables existentes en el agua y lixiviado.

Los resultados obtenidos; los valores promedios de los tres muestreos se presenta en la figura N° 32, que se muestra a continuación.

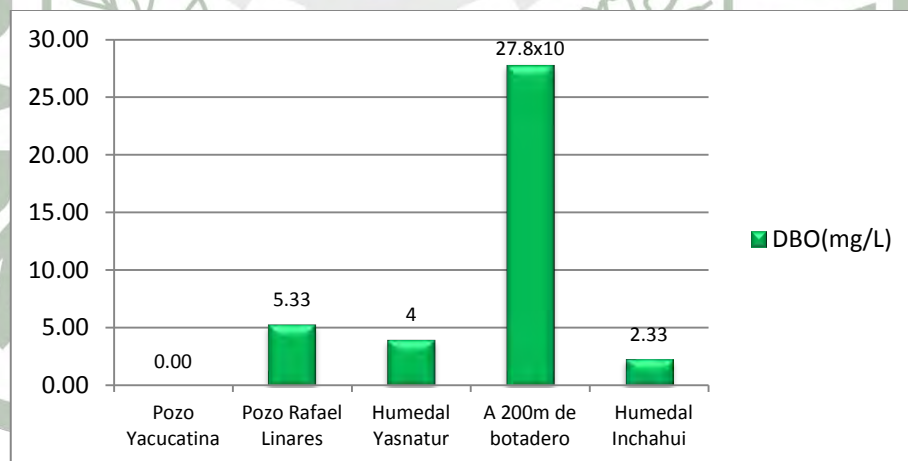


Figura N° 32: Demanda Bioquímica de Oxígeno

Comparando con la norma existente; el punto 1 corresponde a la categoría 1 con un valor de 0 mg/L, que está por debajo de lo establecido en el ECA (3 mg/L); el punto de muestreo 4 ubicado a 200 m del botadero, el lixiviado muestreado supera los límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos en este tipo de infraestructura de residuos sólidos, que es de 20 mg/L;

tal como se establece en el Decreto Supremo N° 08- 2009- MINAM; esto indica que la carga orgánica es alta y existe un alto grado de contaminación; es por ello que Trejo (1999) afirma que uno de los parámetros más importantes que indican la presencia de contaminantes en los lixiviados provenientes de vertederos es el DBO.

Los demás puntos muestreados no superan los límites permisibles de DBO, establecidos en los estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECAs) teniendo valores menores a 15 mg/l, para aguas de categoría 3. La comparación con la norma existente se puede visualizar en la figura 33.

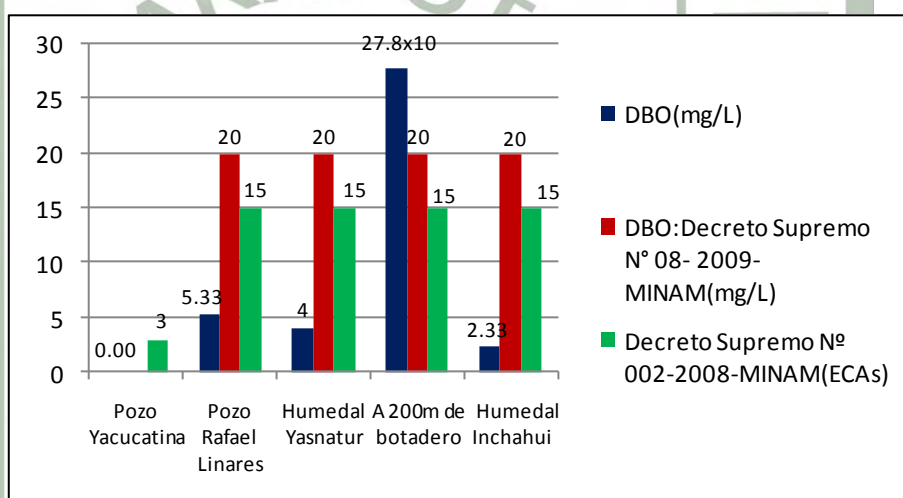


Figura N°33: Comparación de DBO Versus Decreto Supremo N° 08- 2009- MINAM y los ECAs

La descomposición del material orgánico en el botadero, produce un efluente con altos contenidos de materia orgánica, que se refleja en alto valor de DBO. Las aguas lluvias que percolan a través del depósito arrastran y/o disuelven esta materia orgánica.

4.3.11 Demanda química de oxígeno (DQO)

Según Rigola (1999), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) es la medida de la materia orgánica e inorgánica presente en el agua, expresada en mg/l; y que es la cantidad de oxígeno disuelto requerido para la oxidación química completa de los contaminantes. Los valores obtenidos en los puntos muestreados se pueden observar en la figura N° 34.

En el punto 4, a 200m del botadero, se observa un valor de 5200 mg/L, superando largamente los Límites Máximos Permisibles de 120mg/L,

establecidos en el Decreto Supremo N° 08- 2009- MINAM para este tipo de infraestructura.

Considerando que el botadero tiene un tiempo de uso de 5 años y relacionando con la edad del botadero según (Tchobanoglous, 1998) concuerda con los valores obtenidos.

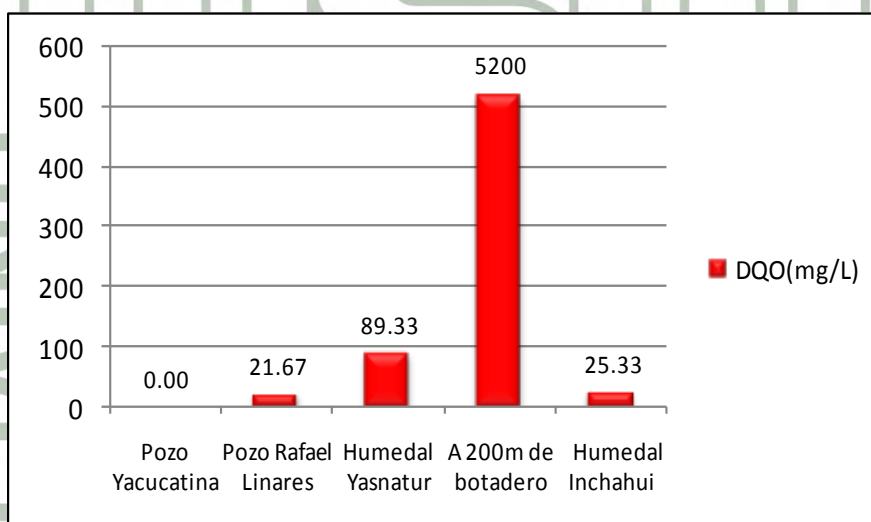


Figura N° 34: Demanda Química de Oxígeno

Por otra parte, vemos en la misma figura, que el punto 3(humedal de Yasnatur), presenta un valor de DQO de 89.33 mg/L lo que supera los Estándares nacionales de Calidad Ambiental-Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM (40 mg/L); sin embargo es utilizado como fuente para bebida de animales; lo que contradice a la categoría 3 que puede usar para este fin; por lo tanto esta fuente está poniendo en riesgo la salud de los animales que beben de esta fuente.

En el cuadro N° 16 se aprecia los valores obtenidos frente a las normas de calidad que regulan el uso de aguas y efluentes de vertederos.

Cuadro N° 16 : Comparación de resultados obtenidos de DQO con la Normatividad Nacional

PUNTOS DE MUESTREO	DQO(mg/L)	Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM(ECA's)	Decreto Supremo N° 08-2009- MINAM
Pozo Yacucatina	0.00	40mg/L	15 mg/L
Pozo Rafael Linares	21.67	40 mg/L	15 mg/L

Humedal Yasnatur	89.33	40 mg/L	15 mg/L
A 200m de botadero	5200	40 mg/L	15 mg/L
Humedal Inchahui	25.33	40 mg/L	15 mg/L

Relacionando La Demanda Biológica de Oxígeno(DBO₅) con la Demanda Química de Oxígeno (DQO) de los resultados obtenidos en el punto 4 a 200 m del botadero es $DBO/DQO = 278/5200 = 0.053$, esto indica que en la fase de fermentación metanogénica, cuando alcanzan valores < 0.1 las sustancias orgánicas tienen dificultades para su degradación, eso se debe a que los productos de la fermentación ácida en el botadero cambian las condiciones ambientales en forma desfavorable para las bacterias metanogénicas tal como lo afirma Ehrig, (2003).

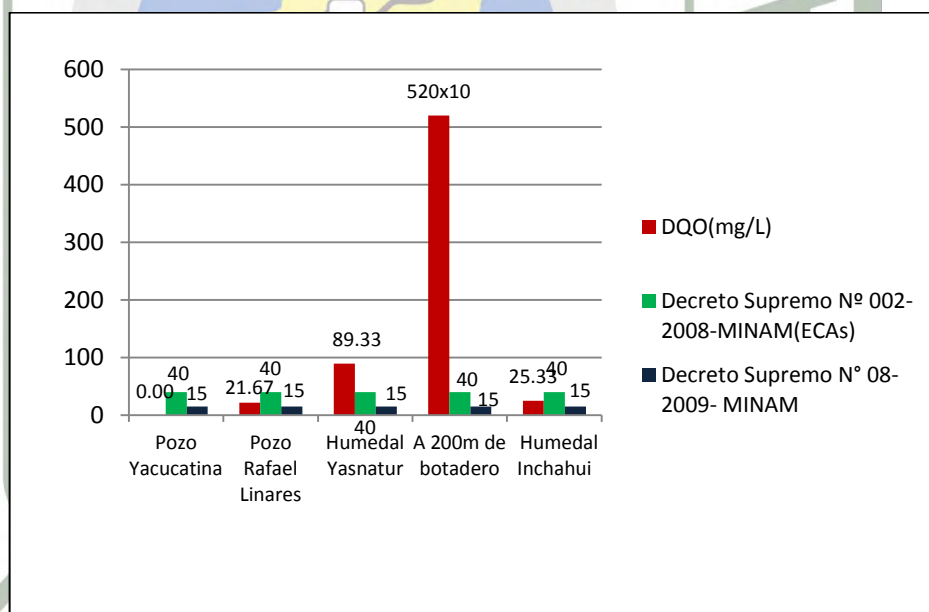


Figura N° 35 : Comparación de DQO Versus Decreto Supremo N° 08- 2009- MINAM y los ECAs

4.3.12 Metales pesados

Los resultados obtenidos de metales pesados se observa en el cuadro 17:

Cuadro N° 17: Resultados análisis de metales pesados

MUESTRA	PARAMETROS				
	Cadmio Total mg/L	Cromo Total mg/L	Níquel Total mg/L	Plomo Total mg/L	Mercurio Total mg/L

Pozo Yacucatina	0	0	0	0	0
Pozo Rafael Linares	0	0	0	0	0
Humedal Yasnatur	0	0	0	0	0
A 200m de botadero	0	0.415	0.217	0	0.0016
Humedal Inchahui	0	0	0.006	0	0.0006

De los resultados se puede inferir que:

- a) No existe presencia de Cadmio y Plomo en los puntos muestreados. La ausencia de Plomo en los puntos muestreados se debe a que todas las fuentes de plomo son reciclados y reutilizados por los recicladores.
- b) En el punto 1 (pozo de Yacucatina), se determinó la ausencia de metales pesados analizados y esto indica que puede ser usado como fuente para consumo humano.
- c) En el punto 2 (pozo Rafael Linares) tampoco hay presencia de metales pesados.
- d) Con respecto al punto 3 (Humedal Yasnatur), no existe presencia de metales pesados.
- e) A 200 m del botadero (punto 4) la muestras tomadas fueron de lixiviados provenientes del mismo, existe presencia de Cromo, Níquel y Mercurio.

Comparando con la normatividad vigente de este punto muestreado, y el cuadro N°17 observamos que la presencia de Cromo en el punto 4 es de 0.415mg/L, valor que sobrepasa los ECAS (0,1 mg/L) correspondiendo a la Categoría 3, pudiendo ser usado para riego de plantas de Tallo bajo y alto, ya que estos lixiviados discurren por pastizales. Comparando con los límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos en rellenos sanitarios, establecidos en el D.S N° 08-2009-MINAM (Cuadro N° 4), que es de 0,1 mg/L, sobrepasa este límite.

El valor encontrado de Níquel fue de 0,217 mg/L, superando los ECAS, para Aguas de la categoría N° 3; establecidos en el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, que es de 0,2 mg/L.

El valor de mercurio encontrado en este punto fue de 0,0016 mg/L, superando lo establecido en los ECAS, teniendo como valor límite 0,001 mg/L.

Luego de los resultados obtenidos podemos deducir que este punto de muestreo es que presenta mayor contaminación en lo que concierne a los metales pesados analizados.

- f) El quinto punto de muestreo (Humedal Inchahui) tiene presencia de Níquel y Mercurio, con valores de 0.006 mg/L y de 0.0006 mg/L respectivamente; valores que están por debajo de los Estándares nacionales de Calidad Ambiental-Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. Por lo tanto existe contaminación por trazas de metales pesados en menor grado por el momento ya que este punto se encuentra cerca al cauce de los lixiviados y en tiempos de avenida las aguas discurren por el lecho.

4.4. Análisis bacteriológico

Los resultados de los análisis bacteriológicos se muestran en el cuadro N° 18, donde podemos observar que la contaminación microbiana proviene de restos fecales en todos los puntos muestreados ya que no existe casi diferencia entre coliformes totales y coliformes termotolerantes.

Además en los puntos muestreados se observa que existe valores que sobrepasan los límites permisibles establecidos en los Estándares de Calidad para Aguas.

El primer punto de muestreo (Pozo Yacucatina); viene siendo utilizado por los pobladores como fuente de agua para uso doméstico, pese a que la contaminación bacteriológica es elevada, y que está por encima de los estándares de calidad respecto a los coliformes termotolerantes, siendo peligroso el consumo de esta agua, debido a que los coliformes termotolerantes son indicadores de bacterias patógenas que pueden generar enfermedades como la tifoidea, cólera, infecciones gastrointestinales, etc.

Los coliformes totales aumentan, conforme disminuye la precipitación de acuerdo a los meses muestreados, donde el nivel de la napa freática aumenta y por lo tanto existe mayor presencia de material orgánico en las paredes del pozo. Las fluctuaciones de valor en coliformes termotolerantes, se debe a la manipulación de recipientes al momento de recoger el agua y a las condiciones ambientales presentes en el momento del muestreo, además los vientos existentes en tiempo de verano trasladan el polvo y con ello los microorganismos lo que contribuye a la contaminación bacteriológica de esta fuente.

Cuadro N° 18: Resultados de Análisis bacteriológico

Punto de muestreo	Fecha de muestreo	Coliformes totales 35°C (NMP/100ML)	Coliformes termotolerantes (NMP/100ML)
Pozo artesiano Yacucatina	14-09-09	1.1x10 ⁴	7.0x10 ³
	21-10-09	5.4x10 ⁴	1.6x10 ⁴
	24-11-09	9.4x10 ⁴	1.4x10 ⁴
Pozo "Rafael Linares"	14-09-09	1.1x10 ⁵	1.7x10 ⁴
	21-10-09	1.7x10 ⁴	1.1x10 ⁴
	24-11-09	7.9x10 ³	2.3x10 ³
Cocha Yasnatur	14-09-09	1.6x10 ⁶	1.7x10 ⁵
	21-10-09	4.2x10 ⁵	4.6x10 ⁴
	24-11-09	1.7x10 ⁴	1.7x10 ⁴
A 200m aguas abajo del botadero	14-09-09	1.4x10 ⁴	1.7x10 ³
	21-10-09	1.4 x10 ⁶	1.4 x10 ⁶
	24-11-09	9.2x10 ⁶	4.6x10 ⁶
Humedal Inchahui	14-09-09	3.5x10 ⁴	2.2x10 ³
	21-10-09	2.8x10 ³	1.6x10 ³
	24-11-09	1.4x10 ³	1.1x10 ³
METODO		Método estandarizado de fermentación de tubos múltiples. APHA.AWW.WEF.Part .9221B.21th ed.2005	Método estandarizado de fermentación de tubos múltiples. APHA.AWW.WEF. Part.9221E-1.21th ed.2005

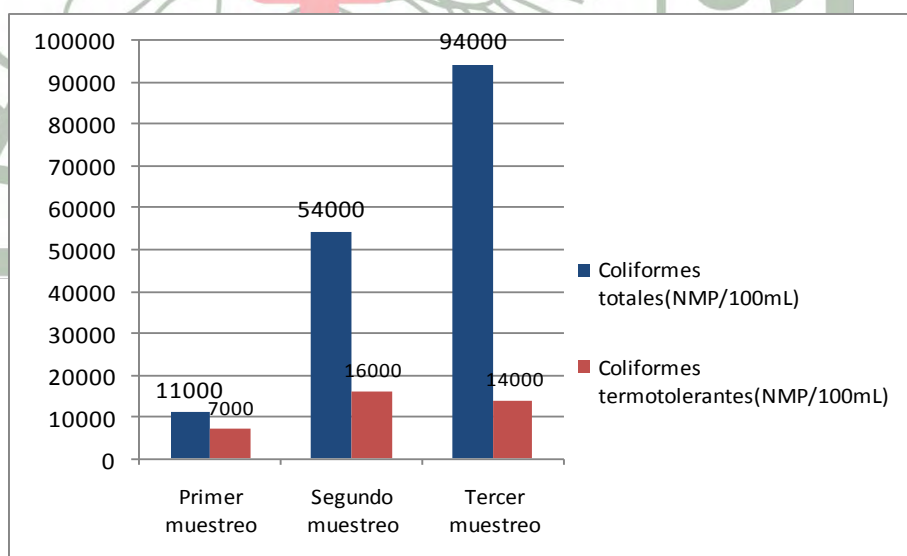


Figura N° 36: Resultados examen bacteriológico - Pozo Yacucatina

En el Segundo punto de muestreo (Pozo "Rafael Linares"); la fuente es usada para aseo personal de trabajadores que laboran en dicho predio, infringiendo los estándares establecidos en los ECAs, que señala que las aguas para uso de contacto primario deben pertenecer a la categoría 1, tipo B1, cuyos valores límites son de 200 NMP/100mL y 1000NMP/100mL para coliformes termotolerantes y coliformes totales respectivamente, siendo los valores obtenidos mayores a las normas como se muestra en el cuadro 18 y figura 37.

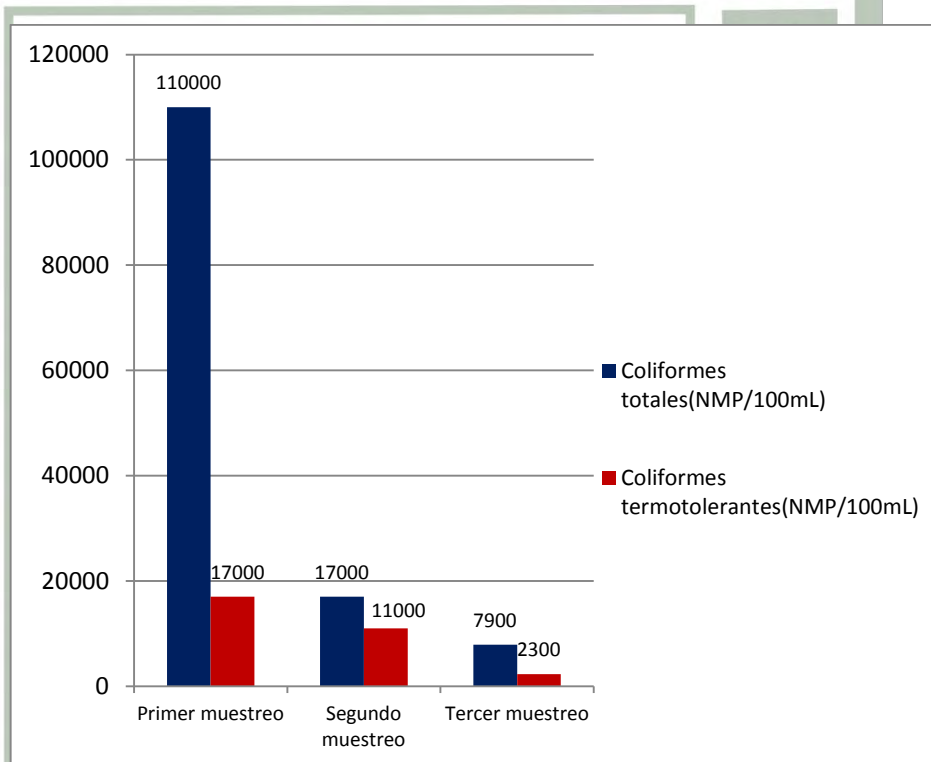


Figura N° 37: Resultados examen bacteriologico - Pozo Rafael Linares

La disminución de coliformes respecto al tiempo de muestreo, se debe al arrastre por escorrentía durante las épocas de lluvia de restos de heces de Ganado vacuno que se crían en el predio; además coincide con la disminución de la precipitación de acuerdo a los meses muestreados.

En Tercer punto de muestreo es utilizado como fuente de contacto primario, para bebida de animales y riego de plantaciones, y presenta valores que sobrepasan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA). Según esta norma para darle este tipo de uso debe de estar en la categoría 1 (tipo B1) cuyos valores límites son de 200 NMP/100 mL a 1000 NMP/100 mL, y de categoría 3, cuyos valores límites son de 1000 NMP/100 mL a 5000 NMP/100 mL.

En el cuadro N° 18 podemos observar que la contaminación en este punto es mayor, que el del punto 2, debido a que esta fuente está ubicado junto a una granja de vacuno que transita por el cauce del lixiviado, y que depositan restos de material orgánico al momento de beber, por medio de las pezuñas incrementando la contaminación por coliformes y esto se acentúa más en épocas de mayor precipitación, como se observa en la figura 38.

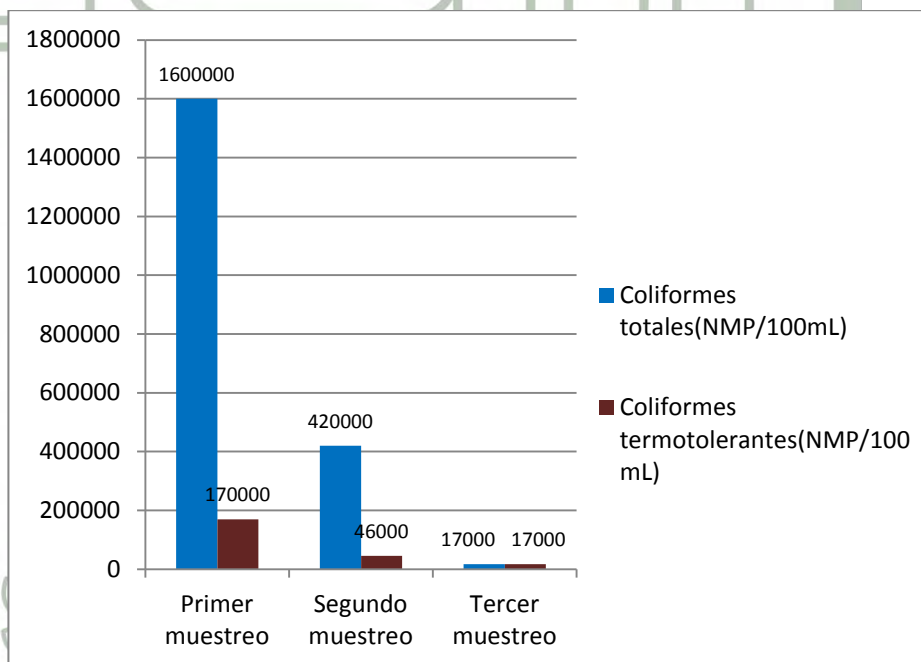


Figura N° 38: Resultados examen bacteriológico - humedal Yasnatur

Los resultados en el punto 4 se muestran en el cuadro 18, donde los valores obtenidos tanto para coliformes totales y termotolerantes va en aumento conforme disminuye la precipitación pluvial según los meses muestreados; y eso hace que la concentración de contaminantes aumente. De acuerdo con la normatividad vigente en cuanto a efluentes de rellenos sanitarios, que establece valor máximo de 1000 NMP/100mL para coliformes totales; los resultados sobrepasan largamente el límite máximo permisible.

En el quinto punto de muestreo se nota la disminución de la carga bacteriana, de 3.5×10^4 NMP/100 mL a 1.4×10^3 NMP/100mL de coliformes totales; este comportamiento es debido a que conforme avanza la época de estiaje disminuye la contaminación y la escorrentía, ya que esta fuente se encuentra en la parte baja cerca al lecho de escorrentía de los lixiviados. Estos valores superan los límites máximos permisibles, considerando en los ECAs.

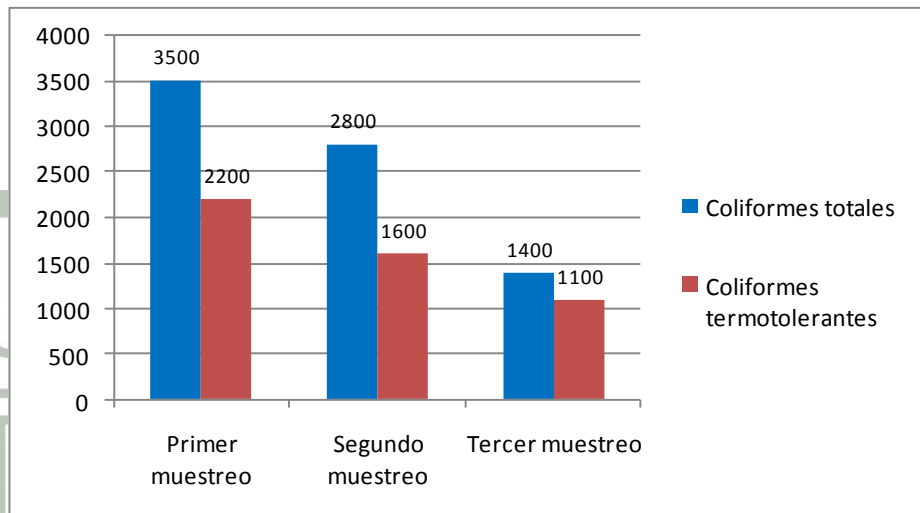
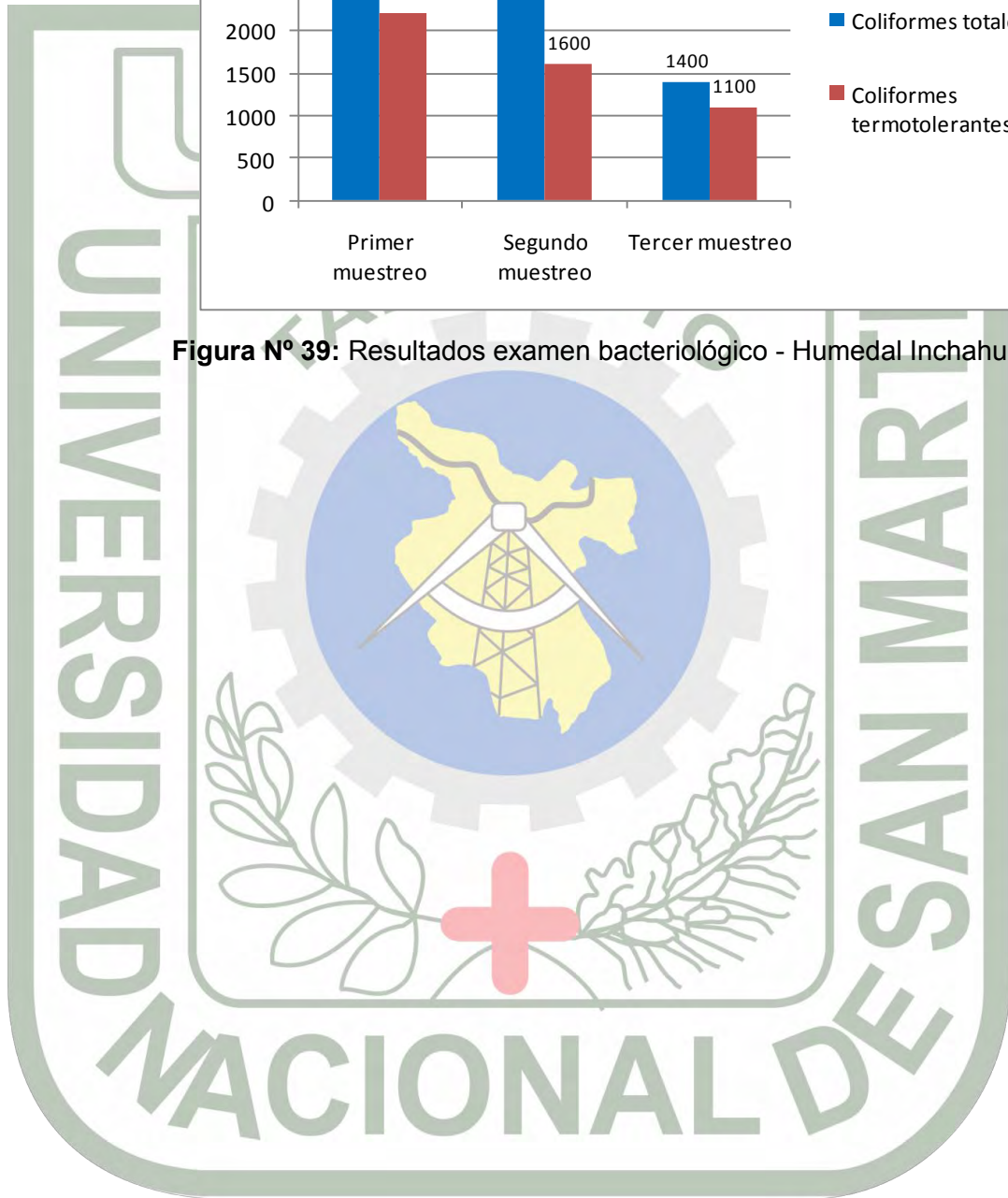


Figura N° 39: Resultados examen bacteriológico - Humedal Inchahui



CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

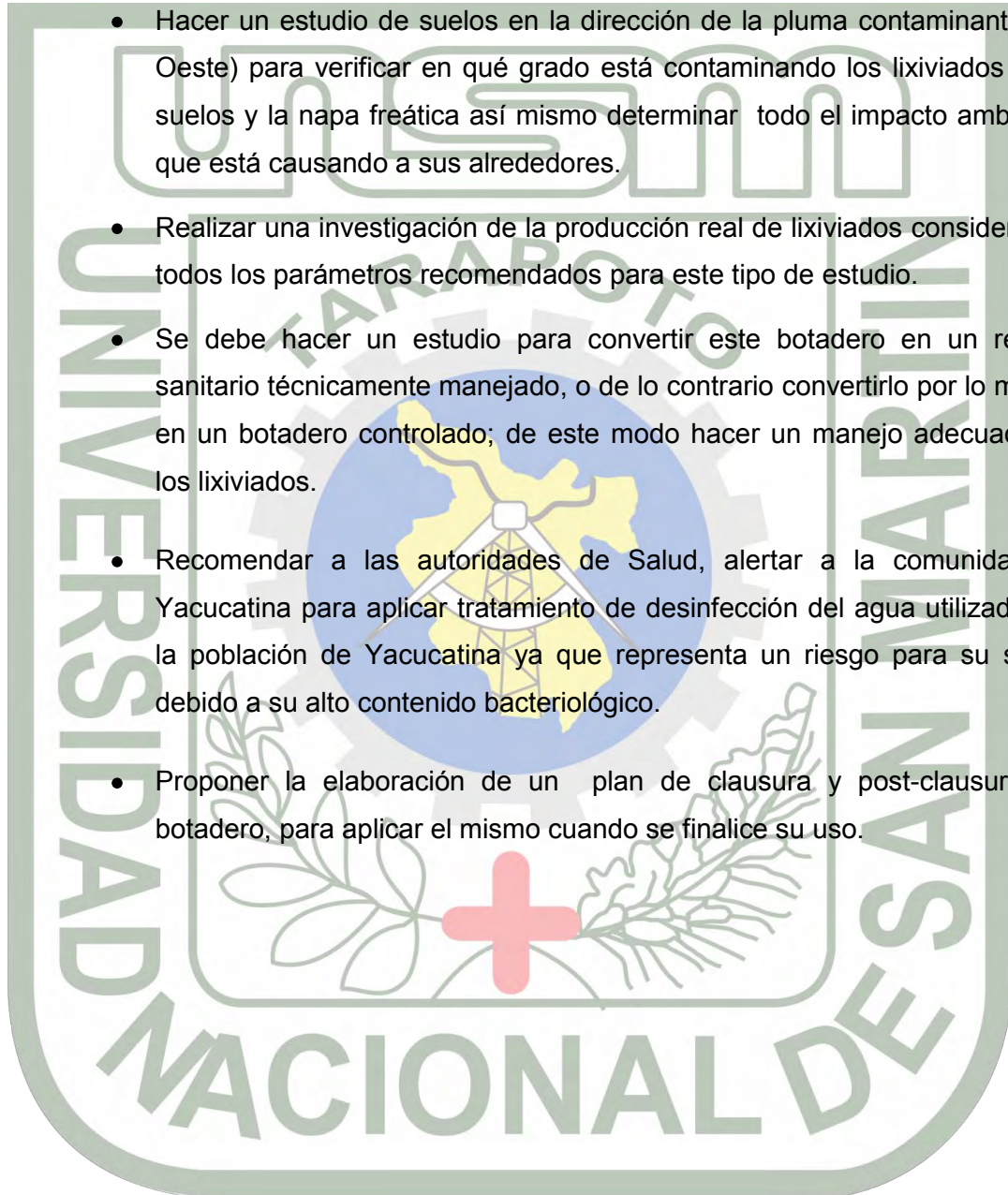
- El primer punto de muestreo, pozo de Yacucatina tiene contaminación microbiana mayor que lo establecido por los ECA para aguas de consumo humano, sin embargo la población utiliza como fuente de uso doméstico, poniendo en riesgo su salud.
- El primer punto de muestreo “pozo de Yacucatina”, no está contaminado por metales pesados analizados, que indica la buena calidad del agua respecto a estos parámetros.
- La turbiedad más alta se obtuvo en la muestra de lixiviados tomados en el punto cuatro de muestreo con 301.49UNT.
- Todos los puntos muestreados tienen contaminación por coliformes totales y coliformes termotolerantes, superando los estándares de calidad para aguas.
- Existe presencia de Cromo y Níquel en los lixiviados del botadero, sobrepasando los estándares de calidad ambiental; de igual manera sobrepasa los límites máximos permisibles establecidos en el D.S N° 08-2009-MINAM, referido a los efluentes de vertederos o infraestructuras de disposición final de residuos sólidos. Por lo tanto requiere tratamiento de los mismos porque está causando contaminación al ambiente.
- La relación DBO_5/DQO del lixiviado se encuentra con un valor de 0,053. Este valor indica que la materia orgánica tiene dificultades para su degradación, eso se debe a que los productos de la fermentación ácida en el botadero cambian las condiciones ambientales en forma desfavorable para las bacterias.
- El rastreo de contaminantes de los diferentes cuerpos de agua presentes en el área de influencia del botadero, estableció que la tendencia de la pluma contaminante es en dirección de escorrentía de los lixiviados que comienza a generarse a partir de la propia base del botadero.
- La presencia de trazas de mercurio en los puntos de muestreo a 200m del botadero y en el humedal Inchahui se debe fundamentalmente a las

pilas y residuos de artefactos eléctricos y electrónicos que son fuentes de mercurio, ya que estos no se reciclan.

- La ausencia de plomo en los puntos muestreados, se debe al rol que cumplen los recicladores al recolectar todas las fuentes de plomo, especialmente las baterías.
- En el quinto punto de muestreo existe trazas de Níquel y Mercurio. La presencia de estos metales se debe a que el lecho del humedal está cerca al cauce de los lixiviados.
- Los lixiviados generados en el botadero cruzan por los pastizales e impactan en forma negativa sobre los sembríos de pastos, que son fuente de alimentación del ganado vacuno; y además son bebidos por los mismos
- Los indicadores fisicoquímicos y bacteriológicos que más frecuentemente y con mayor intensidad se incrementan en las aguas de lixiviación con respecto a las aguas limpias y demás aguas en el área son: DQO, DBO₅, Nitrógeno amoniacal, Nitratos, dureza, nitrógeno orgánico, cloruros, cromo, níquel, mercurio, coliformes totales.
- Los lixiviados provenientes del botadero Yacucatina, está degradando la calidad natural del agua superficial en sus alrededores. La contaminación producida por el lixiviado migra a favor del flujo dirigido hacia el Nor Oeste afectando a puntos de control situados en el humedal Yasnatur y Humedal Inchahui, y tiene un avance en el tiempo, que se ve favorecido en épocas de avenida cruzando la carretera Fernando Belaunde Terry en el Km 22 y llegando los lixiviados a la cocha Lagartuyco que es una fuente natural.
- Por lo tanto, si la población consume aguas provenientes de acuíferos contaminados sin que haya algún tratamiento previo del agua, existe el riesgo de que pueda contraer enfermedades infecciosas, afecciones a la piel y además su ganado puede enfermar al beber de estas aguas.
- Finalmente, la Municipalidad Provincial de San Martín no cumple con las exigencias normativas para el manejo integral de los residuos sólidos municipales (Ley N° 27314), y el Ministerio de Salud no realiza la vigilancia.

5.2. Recomendaciones

- Realizar un monitoreo permanente de la calidad de los cuerpos de agua que están en la parte baja del botadero.
- Hacer un estudio de suelos en la dirección de la pluma contaminante(Nor Oeste) para verificar en qué grado está contaminando los lixiviados a los suelos y la napa freática así mismo determinar todo el impacto ambiental que está causando a sus alrededores.
- Realizar una investigación de la producción real de lixiviados considerando todos los parámetros recomendados para este tipo de estudio.
- Se debe hacer un estudio para convertir este botadero en un relleno sanitario técnicamente manejado, o de lo contrario convertirlo por lo menos en un botadero controlado; de este modo hacer un manejo adecuado de los lixiviados.
- Recomendar a las autoridades de Salud, alertar a la comunidad de Yacucatina para aplicar tratamiento de desinfección del agua utilizado por la población de Yacucatina ya que representa un riesgo para su salud, debido a su alto contenido bacteriológico.
- Proponer la elaboración de un plan de clausura y post-clausura del botadero, para aplicar el mismo cuando se finalice su uso.



CAPITULO VI

BIBLIOGRAFÍA

1. ÁLVAREZ A, SUÁREZ A, GELVEZ J. 1998. Tratamiento biológico del lixiviado generado en el relleno sanitario "El Guayabal" de la ciudad San José de Cúcuta.
2. ANDRIULO A, SASACAROLINA L, PORTELA S. 2005. Contaminación de las Aguas Subterráneas. Grupo Suelo INTA Pergamino.
e-mail: persuel@pergamino.inta.gov.ar.
3. APHA, AWWA, WPCF. 1992. Métodos Normalizados para el Análisis de aguas potables y residuales. ("Standard Methods for the examination of water and wastewater"). 17 Edición. Edición Díaz de Santos S.A. Madrid- España.
4. BACCI E. 1994 Ecotoxicology of organic contaminants, Lewis publishers, Boca Raton. 163pag. pag 2.
5. CÁCERES O. 1990. Desinfección del Agua. Lima – Perú. p 345; p 85-89.
6. CEPIS. 1998. Examen de coliformes por la técnica de los tubos múltiples www.cepis.org.pe/bvsacd/scan/004691/004691-06.pdf. 31 de diciembre de 2009.
7. CHERRY .A. Guest - Editor 1983. Migration of contaminants in groundwater at a landfill: A case. Canadá. 29pag
8. CONAM/CEPIS/OPS. 2004 .Guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos. Lima – Perú.
9. DIARIO OFICIAL EL PERUANO. 2008. Mes de Julio. Estándares de Calidad para Aguas. Lima – Perú.
10. EASTON J. 1998. El Desarrollo de una Metodología de Evaluación de Riesgos para Evaluar los Efectos Adversos en la Salud Humana de los Agentes Patógenos. Programa de Ingeniería de Salud Ambiental. Universidad de Alabama en Birmingham. USA.
11. ECORGÁNICAS . 2009. Problemas Ambientales. Medellín.
ecorganicas.com/Cont/index.php?...task.
12. EHRIG H. 2003. Cantidad y contenidos de lixiviados de rellenos de desechos domésticos Proyecto CEPIS/GTZ. Fortalecimiento técnico de CEPIS. pag 4-5.
13. EINAX J. *et al.* 1997. Chemometrics in Environmental Analysis, Wiley, NY, .329 pags.
14. EPA 2010. Method 325.3 in the *EPA* methods list database. View all EPA methods... www.caslab.com/EPA-Method-325_3/. Columbia. USA. Consulta 28-01- 2010.

15. EPA 2010. Method 352.1 in the EPA methods list database. *View all EPA methods...*
www.caslab.com/EPA-Method-352_1/.Columbia.USA.Consulta 28-01- 2010.
16. EPA 2010. Method 410.1 in the *EPA* methods list database. *View all EPA methods...*
www.caslab.com/EPA-Method-410_1/. Columbia.USA. Consulta 28-01-2010.
17. EPA 2010. Method 405.1 in the EPA methods list database. *View all EPA methods...*
www.caslab.com/EPA-Method-405_1/. Columbia.USA. Consulta 28-01-2010.
18. FERNÁNDEZ A. 2006. Contaminación por lixiviados
[http://revista.consumer.es/meb/es20051101/tema de portada/69995.php](http://revista.consumer.es/meb/es20051101/tema_de_portada/69995.php).
19. FREEMAN M. 1998 Manual de prevención de la contaminación, Mc GrawHill, Mexico DC, pag. 943
20. FUERTES H. 2009.Tratamiento de lixiviados..
www.ambiente.gov.ec/userfiles/222/file/SANTO%20OMINGO/A2Lixiviados
21. GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL (GDF) 2009. Lineamientos de Sustentabilidad para Proyectos en Espacios Públicos en el Distrito Federal.México.232pag.
www.miliarum.com/Monografias/Nitratos/Contaminación Agua.asp. 2009).
22. GOMEZ M; PEÑA P; VASQUEZ, M. 1999. Determinación y diferenciación Escherichia Coli y Coliformes Totales usando un sustrato cromógeno. Laboratorio Central. Aquagest. Galicia, España.
23. GUEVARA A. 1996. Métodos de Análisis para la Evaluación de la Calidad del Agua CEPIS/OPS/OMS. Lima – Perú.
24. GUTIÉRREZ E. 2009. Métodos de aforo en cauces naturales.
fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulosos/medidores/aforo_cauces/aforo_cauces.htm.
25. EHRIG.H. 1992. Cantidad y contenidos de lixiviados de rellenos de desechos domésticos. Proyecto CEPIS/GTZ.Costa Rica. Pag 8-10.Pgs 16.
26. HERNÁNDEZ R, FERNÁNDEZ C. y BAPTISTA P. 1999. Metodología de la Investigación – segunda edición. Mc GRAW-HILL Interamericana Editores, S.A. de C.V. 06450 México D.F. 501 p.
27. INSTITUTO NACIONAL DE PROTECCIÓN INTELECTUAL (INDECOPI). 1999. Normas técnicas peruanas sobre Análisis de Agua Potable y Aguas Residuales. Lima Perú.

28. INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA (IMTA). 2004. Tercer Curso Internacional "Sistemas Integrados de Tratamiento de Aguas Residuales y su Reúso para un Medio Ambiente Sustentable". Tomo II. México.
29. JONES G. 1998. Calidad Microbiológica del Agua: características del problema. Ingeniería y Ambiental Número 37 pg: 48-53. Extractado de AQUA vol. 46.
30. LEÓN L. 2005. Índices de Calidad del Agua (ICA), Forma de Estimarlos y Aplicación en la Cuenca Lerma - Chapala. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Mexico.
31. LISK J. 1991. Environmental effects of landfills. The Science of the Total Environment, vol. 100:415. USA.
32. LOZANO J. 2009. Sistema de Gestión Ambiental de Disposición final de los residuos sólidos en el botadero a cielo abierto de "Yacucatina" Tarapoto.
33. MINAM 2009. Decreto Supremo N° 08- 2009- MINAM .Aprueba los Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes de infraestructuras de residuos sólidos.
34. MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA DE ESPAÑA. 2003. Real Decreto 140. www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/.../r22938.2003. Análisis microbiológico del agua. 26 de febrero de 2010.
35. MINISTERIO DE SALUD (MINSA). 2007. Dirección General de Salud Ambiental. "DIGESA". Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales. Lima –Perú.
36. MORLANS A. 2009. Contaminación de rellenos sanitarios sobre acuíferos. Universidad de Chile Facultad De Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Ingeniería Civil.
37. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). 1995. Guías Para la Calidad del Agua Potable. Ginebra.
38. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. 1987. Guías para la Calidad del agua potable. Volumen 2, criterios relativos a la salud y otra información base. Organización Mundial de la Salud, Publicación Científica N° 506. Washington D.C.
39. PINEDA I. 1998. Manejo y Disposición de Residuos Sólidos. Bogotá: Panamericana. 351p.
40. RIGOLA M. 1999 Tratamiento de Aguas Industriales. Marcombo S.A. Barcelona. España.157pag27-38.

41. SALAZAR J 2009. Guía N° 3, del Inventario Preliminar de recursos hídricos de la cuenca del Amazonas Calidad, propuesto por la Unidad Técnica Nacional Proyecto GEF Amazonas OTCA/PNUMA.
42. SANCHEZ A, CHIRA. J, VALENCIA M. 1997. Carta Geológica Nacional.Boletín N° 94.Geología de los Cuadrangulos de Tarapoto, Papaplaya, Utcucarca y Yanayacu Instituto Geológico Minero (INGEMMET.).Lima.Perú.
43. SANTOS M 2000. Evaluación del DQO inerte soluble de lixiviados en un relleno sanitario Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Universidad Federal de Minas Gerais (UFMG) Belo Horizonte. Brasil.
44. SIERRA R. 1993 Tesis doctorales y trabajos de investigación científica. Editorial Paraninfo S.A. – Madrid – España. 127 p.
45. TCHOBANOGLOUS G; THEISEN, H y VIGIL A. 1998. Gestión Integral de residuos sólidos. Edit. McGraw-Hill/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A. 1106 p.
46. TORTAJADA A. 2002 Soluciones quimiométricas para optimizar el análisis de parámetros químicos en aguas. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia. Facultad de Química.1997. España. Pag 486pag, pag.28-29
47. TREJO R. 1999. Procesamiento de la basura urbana. Edit. Trillas. México.pag 28.
48. UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA. 2009. Microbiología aplicada. Manual de laboratorio. Practica Núm. 17. Coliformes Totales y Fecales En Agua de consumo humano.. México. Consulta 31 de diciembre de 2009.
49. UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA DE MEDELLÍN. 2008. Congreso Internacional “Gestión sostenible del agua: reutilización, tratamiento y evaluación de la calidad”. Procesos de tratamiento de lixiviados provenientes de rellenos sanitarios. Colombia.
50. UNIVERSIDAD DE MÁLAGA. 2009.. Aforo con flotadores. España. www.eumed.net/.../AFORO%20CON%20FLOTADORES.htm
51. VARGAS C. 1996. Control de la calidad del agua en la red de distribución. CEPIS. Lima Perú.



ANEXO N° 1: Resultados de analisis fisicoquímico

Puntos de muestreo	Fecha de muestreo	Alcalinidad Total ppm (HCO ₃)	Dureza Total ppm (CaCO ₃)	Cloruros(mg/L)	N- Nitrato(mg/L)	N- amoniacal(mg/L)	Nitrógeno orgánico(mg/L)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)
Pozo Yacucatina	14/09/2009	300	140	3.22	0.35	0.02	0.67	N.D.	N.D.
	14/10/2009	244	160	3.6	0.28	0.01	0.646	N.D.	N.D.
	24/11/2009	300	140	4	0.22	0.01	0.603	N.D.	N.D.
	PROMEDIO	281.33	146.67	3.61	0.28	0.01	0.64	N.D.	N.D.
Pozo Rafael Linares	14/09/2009	292.8	560	68	0.62	0.28	13.543	5	20
	14/10/2009	256.2	800	64	0.54	0.24	13.268	5	21
	24/11/2009	292.8	560	67	0.46	0.22	13.073	6	24
	PROMEDIO	280.60	640.00	66.33	0.54	0.25	13.29	5.33	21.67
Humedal Yasnatur	14/09/2009	321.36	422	60	0.25	0.54	3.257	3	86
	14/10/2009	292.8	400	54	0.22	0.45	3.076	4	90
	24/11/2009	321.36	420	57	0.19	0.38	2.825	5	92
	PROMEDIO	311.84	414.00	57.00	0.22	0.46	3.05	4.00	89.33
A 200m de botadero	14/09/2009	504	4600	3200	1.92	240.45	262.5	264	5200
	14/10/2009	244	6000	3150	1.86	228.3	258.7	280	5200
	24/11/2009	976	4600	3249	1.78	208.75	255.5	290	5200
	PROMEDIO	574.67	5066.67	3199.67	1.85	225.83	258.90	278.00	5200.00
Humedal Inchahui	14/09/2009	135.4	207	18	0.1	0.14	11.87	2	22
	14/10/2009	146.4	260	23	0.1	0.1	11.348	2	26
	24/11/2009	132.2	200	25	0.12	0.09	10.517	3	28
	PROMEDIO	138.00	222.33	22.00	0.11	0.11	11.25	2.33	25.33

ANEXO N° 2: Resultados de análisis de metales pesados

MUESTRA	FECHA	PARAMETRO				
		Cadmio Total mg/L	Cromo Total mg/L	Níquel Total mg/L	Plomo Total mg/L	Mercurio Total mg/L
Pozo artesiano Yacucatina	14/09/2009	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	14/10/2009	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	24/11/2009	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	PROMEDIO	0	0	0	0	0
Pozo artesiano "Rafael Linares"	14/09/2009	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	14/10/2009	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	24/11/2009	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	PROMEDIO	0	0	0	0	0
Cocha Yasnatur	14/09/2009	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	14/10/2009	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	24/11/2009	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	PROMEDIO	0	0	0	0	0
A 200m aguas abajo del botadero	14/09/2009	N.D.	0.45	0.248	N.D.	0.0024
	14/10/2009	N.D.	0.41	0.206	N.D.	0.0014
	24/11/2009	N.D.	0.385	0.198	N.D.	0.0011
	PROMEDIO	0	0.415	0.21733333	0	0.00163333
Cocha Inchahui	14/09/2009	N.D.	N.D.	0,010	N.D.	0.0008
	14/10/2009	N.D.	N.D.	0,008	N.D.	0.0005
	24/11/2009	N.D.	N.D.	0.006	N.D.	0.0004
	PROMEDIO	0	0	0.006	0	0.00056667

ANEXO 3: Resultados de temperatura, pH y turbiedad

Punto de muestreo	PARAMETRO		
	Temp.	pH	Turbiedad (UNT)
Pozo artesiano Yacucatina	25.6	6.5	0.9
	25.8	6.5	0.6
	26	6.8	0.96
Promedio	25.8	6.6	0.82
Pozo artesiano "Rafael Linares"	32.2	6.5	16.19
	31.4	6.7	33.2
	26.8	6.8	16.19
Promedio	30.13	6.67	21.86
Cocha Yasnatur	26.2	6	3.01
	27.2	6.7	3.08
	27.1	6.5	3.48
PROMEDIO	26.83	6.4	3.19
A 200m aguas abajo del botadero	30.02	7.5	301.23
	27.3	8.5	302
	32.1	7.5	301.23
Promedio	29.81	7.83	301.49
Cocha Inchahui	32.2	6	6.01
	32.02	5.8	10.6
	34	6.5	6.98
Promedio	32.74	6.1	7.863333333