

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

PROGRAMA DE MAESTRÍA

MAESTRÍA EN ECOLOGÍA



TESIS

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO QUÍMICA DE LAS FUENTES DE
AGUA VERTIDOS CON LIXIVIADOS DEL BOTADERO DE RESIDUOS
SÓLIDOS Y SUS EFECTOS EN LA SALUD PÚBLICA DE LA
POBLACIÓN DE LA ZONA PERIFÉRICA DEL BOTADERO DE
CANCHARANI - PUNO.**

PRESENTADA POR:

MARISOL ROJAS BARRETO

PARA OPTAR EL GRADO DE:

**MAGISTER SCIENTIAE EN ECOLOGÍA
MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y EDUCACIÓN AMBIENTAL**

PUNO, PERÚ

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

PROGRAMA DE MAESTRÍA

MAESTRÍA EN ECOLOGÍA

TESIS

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO QUÍMICA DE LAS FUENTES DE
AGUA VERTIDOS CON LIXIVIADOS DEL BOTADERO DE RESIDUOS
SÓLIDOS Y SUS EFECTOS EN LA SALUD PÚBLICA DE LA
POBLACIÓN DE LA ZONA PERIFÉRICA DEL BOTADERO DE
CANCHARANI - PUNO

PRESENTADA POR:

MARISOL ROJAS BARRETO

PARA OPTAR EL GRADO
ACADÉMICO DE:

MAGISTER SCIENTIAE EN ECOLOGÍA

MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y EDUCACIÓN AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE



Dr. SABINO ATENCIO LIMACHI

PRIMER MIEMBRO



M. Sc. EDWIN ORNA RIVAS

SEGUNDO MIEMBRO



M. Sc. MARTIN CHOQUE YUCRA

ASESOR DE TESIS



M. Cs. JUAN J. PAURO ROQUE

ÁREA: Ecología

TEMA: Residuos solidos

LÍNEA: Calidad ambiental

Puno, 24 de agosto del 2016.

DEDICATORIA

A Dios, por estar siempre conmigo en cada uno de mis días, iluminar mi camino y la de mi familia.

Este trabajo se lo dedico en forma especial a mi padre Matías que, desde el cielo, sé que él se sentirá muy feliz por este logro que estuvo esperando tanto tiempo.

A mi esposo que con su paciencia y tolerancia que me acompaña cada día, a mis hijas Laisha Siomara y Amara Anais que son la razón de mi existir; a mi madre Cecilia y mis hermanos Miguel Ángel y Marco Antonio, por su apoyo moral e incondicional.

A todos mis amigos que día a día me impulsaron en terminar este objetivo trazado en mi actividad profesional.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional del Altiplano, alma mater de la ciencia y tecnología que en sus aulas se imparten muchos conocimientos y sabiduría.
- A la Facultad de Ciencias Biológicas, que desde hace muchos años atrás sigue creciendo y sacando muchos profesionales líderes para el futuro.
- Al profesor Gilmar Goyzuela Camacho que con su apoyo incondicional acompañó en la realización de este trabajo.
- A mi colega y amigo Juan José Pauro Roque que con sus conocimientos contribuyó en el fortalecimiento de esta tesis.
- A mis colegas y amigos que incondicionalmente me apoyaron durante la realización de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

Índice general.....	iii
Índice de cuadros.....	iv
Índice de figuras.....	vi
Índice de anexos.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
Introducción.....	1
CAPÍTULO I	
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	
1.1 Planteamiento del problema.....	5
1.2 Formulación del problema.....	8
1.3 Justificación.....	8
1.4 Objetivos.....	10
1.5 Hipótesis.....	10
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes.....	12
2.2 Marco referencial.....	17
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA	
3.1 Ámbito de estudio.....	30
3.3 Métodos.....	32
CAPITULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
Conclusiones.....	79
Recomendaciones.....	80
Bibliografía.....	81
Anexos.....	92

ÍNDICE DE CUADROS

1. Temperaturas en cinco puntos de monitoreo ambiental (MA1 a MA5) y un punto de referencia (P-REF) en muestras de agua influenciadas por los lixiviados generados de los residuos sólidos del botadero de Cancharani, en los meses de enero y junio del año 2015.....43
2. pH de cinco puntos de monitoreo ambiental (MA1 a MA5) y un punto de referencia (P-REF) en muestras de agua influenciadas por los lixiviados generados de los residuos sólidos del botadero de Cancharani, en los meses de enero y junio del año 2015.....46
3. Sólidos disueltos totales en cinco puntos de monitoreo ambiental (MA1 a MA5) y un punto de referencia (P-REF) en muestras de agua influenciadas por los lixiviados generados de los residuos sólidos del botadero de Cancharani, en los meses de enero y junio del año 2015.50
4. Fósforo total (FT) en cinco puntos de monitoreo ambiental (MA1 a MA5) y un punto de referencia (P-REF) en muestras de agua influenciadas por los lixiviados generados de los residuos sólidos del botadero de Cancharani, en los meses de enero y junio del año 2015.....54
5. Nitrógeno amoniacal en cinco puntos de monitoreo ambiental (MA1 a MA5) y un punto de referencia (P-REF) en muestras de agua influenciadas por los lixiviados generados de los residuos sólidos del botadero de Cancharani, en los meses de enero y junio del año 2015.....56
6. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en cinco puntos de monitoreo ambiental (MA1 a MA5) y un punto de referencia (p-ref) en muestras de agua influenciadas por los lixiviados generados de los residuos sólidos del botadero de Cancharani, en los meses de enero y junio del año 2015.59

7. Demanda química de oxígeno (DQO) en cinco puntos de monitoreo ambiental (MA1 a MA5) y un punto de referencia (P-REF) en muestras de agua influenciadas por los lixiviados generados de los residuos sólidos del botadero de Cancharani, en los meses de enero y junio del año 2015.	63
8. Frecuencia de afecciones neurológicas en pobladores cercanos a botadero de Cancharani, mes de junio del año 2015.....	67
9. Frecuencia de afecciones dermatológicas en pobladores cercanos a botadero de Cancharani, mes de junio del año 2015.....	70
10. Frecuencia de afecciones oculares en pobladores cercanos a botadero de Cancharani, mes de junio del año 2015.....	72
11. Frecuencia de afecciones gastrointestinales en pobladores cercanos a botadero de Cancharani, mes de junio del año 2015.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Zonas de muestreo de agua en las periferias al botadero de residuos sólidos
de Cancharani - Puno. 41

ÍNDICE DE ANEXO

1. Encuesta realizada a los pobladores de las zonas cercanas a la zona de estudio.	93
2. Toma de muestra en el botadero de Cancharani, enero del 2015.	97
3. Lixiviados derivados de los residuos sólidos, enero del 2015.	97
4. Análisis de las muestras de lixiviados en el Laboratorio de Aguas y Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNA – Puno), enero y junio del 2015.	98

RESUMEN

La investigación se realizó en el botadero de Cancharani, distrito, provincia y Región Puno – Perú; entre los meses de enero y junio del año 2015, representando a dos épocas (seca y lluviosa). Los objetivos fueron: a) evaluar la calidad físico química de fuentes de agua vertidos con lixiviados del botadero de residuos sólidos de Cancharani –Puno y b) establecer los efectos de los residuos sólidos en la salud pública de la población de la zona periférica del botadero de Cancharani - Puno. La metodología consistió en evaluar la calidad físico química del agua, como son la temperatura mediante el método electrométrico, el pH mediante el método potenciométrico, los sólidos disueltos totales mediante el método de la conductimetría, el nitrógeno amoniacal y el fósforo total mediante el método colorimétrico y la demanda biológica y química de oxígeno mediante el método de digestión cerrada. Los datos fueron contrastados con los límites máximos permisibles recomendados en el D. S. 015-2015-MINAM, categoría 4 Conservación del Ambiente Acuáticos (ríos de la sierra) y evaluados mediante pruebas descriptivas (promedio) y de dispersión (desviación estándar y coeficiente de variabilidad). La salud pública de la población aledaña fue registrada mediante la realización de encuestas. El diseño experimental fue completo al azar, se realizó pruebas de análisis de varianza y Duncan comparándose entre los puntos de muestreo. Entre los resultados obtenidos, se determinó que las aguas influenciadas por los lixiviados presentaron los siguientes valores: la temperatura osciló entre 6.95 y 10.00 °C, el pH fluctuó entre 6.26 y 8.26 unidades; los sólidos disueltos totales variaron entre 68.00 y 6590.00 mg/l; las cifras de fósforo oscilaron entre 3.11 y 24.72 mg/l; los valores de nitrógeno amoniacal fluctuaron entre 0.17 y 10.91 mg/l; la DBO₅ varió entre 24.43 y 3375.18 mg/l y la DQO fluctuó entre 61.18 y 7139.44 mg/l. De la calidad físico química del agua evaluada, se estima que podrían originar diversos malestares, en la salud pública de la población que habita en la zona periférica al botadero de Cancharani, como son los dolores de cabeza (90%), nerviosismo (16%), irritación (20%) e insomnio (12%); asimismo de afecciones en la piel en un 52% y de trastornos oculares en un 28%; y la presencia de afecciones digestivas como diarreas (36%), náuseas (32%) y gastritis (76%). Se concluye afirmando que la inadecuada disposición de los residuos sólidos en el botadero de Cancharani influyen sobre la calidad físico química del agua y las personas que habitan en las proximidades del botadero de residuos sólidos de Cancharani, poseen una percepción negativa en la salud de la población de la zona de Cancharani – Puno.

Palabras clave: Botadero municipal, residuos sólidos, lixiviados, tributarios, percepción.

ABSTRACT

This research was conducted in the solid waste dump of Cancharani in the District, Province of the Puno Region, in the months of January to June, which represent both climatic seasons – rainy and dry. The objectives of the research were: a) to assess the physiochemical quality of the water with leachate discharges from the solid wastes in the solid waste dump in Cancharani, Puno and, b) to determine the effects of solid wastes in the public health of the population living in the peripheral area of the dump in Cancharani, Puno. The methodology consisted in analyzing the physiochemical quality of the water, such as measuring the temperature by the electrometric method; the pH by the potentiometric method; total dissolved solids by the conductimetric method; ammonia nitrogen and total phosphorous by the colorimetric method; and the demand for biological and chemical oxygen by the closed digestion method. The data was compared with the maximum permissible limits recommended in the D.S. 015-2015MINAM, Category 4 of the Conservation of Aquatic Environments, (mountain rivers) and evaluated by the descriptive tests (mean) and of dispersion (standard deviation and co-efficient of variation). The public health of the surrounding population was determined by conducting surveys. The experimental design was completely at random, analytical tests of variance and Duncan were conducted by making comparisons between the sampling points. With the results obtained, it was determined that the water quality affected by leachate presented the following values: temperatures ranged between 6.9 – 10.00°C; PH fluctuated between 6.26 – 8.26 units; total dissolved solids ranged between 68.00 – 6590.00 mg/l; the values of phosphorous ranged between 3.11 – 24.72 mg/l and values of ammonia nitrogen between 0.17 – 10.91 mg/l; the DBO₅ ranged between 24.73 – 3375.18 mg/l and the DQO between 61.18 – 7139.44 mg/l. Regarding the physiochemical quality of the water analyzed, it is considered that it could cause various ailments in the public health of the population living in the peripheral area of the dump – Cancharani. The health problems reported were headaches (90%), nervousness (16%), irritation (20%) and insomnia (12%); likewise skin conditions (52%) and eye disorders (28%); also the presence of digestive disorders such as diarrhea(36%), nausea (32%) and gastritis (76%).In conclusion, it can be affirmed that the improper disposal of solid waste in the solid waste dump of Cancharani affects the physiochemical quality of the water, and people living near the dump have a negative perception regarding the public health situation.

Key words: Municipal dump, solid wastes, leachate, taxation, perception

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las urbes genera el volumen de materiales residuales, lo cual constituye una gran dificultad ya que dichos materiales se van acumulando sin que los agentes naturales puedan estabilizar toda esa materia, debido a la velocidad con que esta se genera (Pineda, 2006). Otra de las causas de deterioro ambiental en el Perú es la pobreza existente en los ambientes urbanos y rurales. El acelerado y desorganizado crecimiento urbano está relacionado con la pobreza rural, y trae como resultados severos problemas ambientales en las zonas urbanas, donde vive el 76% de la población peruana (MINAM, 2009).

Se tiene grandes problemas relacionados con el manejo de los residuos sólidos en el Perú dentro de su disposición final. Se puede observar que las ciudades, aunque tengan un adecuado sistema de recolección de residuos sólidos, estas se desechan en los ríos, los lagos, las quebradas y espacios públicos en general. Los residuos sólidos se disponen en lugares abiertos, llamados "botaderos", por lo que es muy peligroso para el ambiente siendo un grave riesgo para la salud de la población (MINAM, 2009).

Los botaderos se pueden convertir en rellenos sanitarios o ser clausurados de tal forma que el lugar quede rehabilitado sin contaminación ambiental; sin embargo, en el Perú existen muy pocas experiencias de este tipo porque la disposición final de los residuos sólidos es un tema que no ha tenido prioridad en las municipalidades y tampoco en la población local (CEPIS, 2002).

El departamento de Puno presenta una población de 129,832.00 y para el 2015 se tendrá una población de 1,415, 608 habitantes Según el INEI 2007, este aspecto ha traído como consecuencia que el distrito de Puno se convierta en una ciudad con alto nivel de generación de residuos sólidos, actualmente Puno se encuentra en un proceso de urbanización incrementado la generación de los residuos sólidos, para ser posteriormente depositados en el Botadero Municipal, los desechos sólidos son arrojadas diariamente en las calles, que en épocas de lluvias y vientos son arrastradas al Lago Titicaca, originando contaminación del entorno (MINAM, 2009).

En la ciudad de Puno cada persona genera 0.7 Kilogramos, de residuos sólidos haciendo un promedio de 89 Tn/día en total. En Puno existen en total 50 puntos de vertido ilegal de basura y el único espacio de eliminación de estos residuos es el botadero municipal a cielo abierto ubicado en un espacio de la comunidad de Cancharani, que no reúne por completo las condiciones exigidas por la normatividad dentro de los parámetros correspondientes, tal como se menciona en la guía técnica del CONAM (2006).

La importancia de realizar este trabajo de investigación se fundamenta, en el hecho de existir una mala disposición de los residuos sólidos por parte del municipio, lo que implica al deterioro de la calidad físico química de las fuentes de agua y el entorno humano. La inadecuada implementación y el mal manejo del sitio de disposición final de residuos sólidos; y el deficiente control sanitario puede ocasionar riesgos para la comunidad vecina y daños al medio ambiente; como la contaminación del agua, la descomposición de la basura que genera

líquidos (lixiviados) que pueden contaminarse con una gran diversidad de agentes biológicos (bacterias, virus) y químicos (metales, pesticidas, solventes orgánicos) en su migración a través del vertedero, los lixiviados pueden filtrarse hacia las aguas superficiales y alcanzar las aguas subterráneas que formarían parte de los ríos y pozos todo esto constituye un peligro para la vida silvestre y para la salud de los vecinos (Acurio *et al.*, 1997).

Un botadero es un espacio donde se eliminan los residuos sólidos sin ningún tipo de control; producen olores desagradables, gases y líquidos contaminantes. En los botaderos están los recicladores y criadores de cerdos que ponen en riesgo su salud y contaminan el ambiente. Los botaderos contaminan las aguas superficiales y subterráneas, el suelo y el aire; generando malos olores y es un lugar de proliferación de insectos y roedores que ocasionan enfermedades. Además, los botaderos no están permitidos por la ley (Dentro de la VI Disposición Complementaria de la Ley General de Residuos Sólidos 27314 del 21 de julio de 2000) (CONAM, 2006).

El capítulo 21 de la agenda 21, establece los lineamientos para un manejo integral de los residuos sólidos municipales como parte del proceso del desarrollo sostenible, además se establece que en el manejo de los residuos se debe considerar la minimización de la producción, el reciclaje. La recolección, el manejo y disposición final adecuados; de tal forma que cada país y cada ciudad determinaran sus programas.

Todo ello permitirá evaluar la calidad físico química de las fuentes de agua vertidos con lixiviados en relación a los residuos sólidos además de permitir en mejorar el PIGAR del 2013, donde se deberá de tomar en cuenta a la población que vive en los alrededores de Cancharani que actualmente tiene una población censada de 330 habitantes Según el INEI, Censos Nacionales del 2007: XI de población y VI de vivienda que de una u otra manera está directamente afectada por el botadero, estableciendo los efectos de este en la salud pública de la población que se tiene en ese lugar; alterando o afectado también el entorno natural del sector.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El crecimiento de las urbes genera el volumen de materiales residuales, lo cual constituye una gran dificultad ya que dichos materiales se van acumulando sin que los agentes naturales puedan estabilizar toda esa materia, debido a la velocidad con que esta se genera (Pineda, 2006).

Otra de las causas de deterioro ambiental en el Perú es la pobreza existente en los ambientes urbanos y rurales. El acelerado y desorganizado crecimiento urbano está relacionado con la pobreza rural, y trae como resultados severos problemas ambientales en las zonas urbanas, donde vive el 76% de la población peruana (MINAM, 2009).

Se tiene grandes problemas relacionados con el manejo de los residuos sólidos en el Perú dentro de su disposición final. Se puede observar que las

ciudades, aunque tengan un adecuado sistema de recolección de residuos sólidos, estas se desechan en los ríos, los lagos, las quebradas y espacios públicos en general. Los residuos sólidos se disponen en lugares abiertos, llamados "botaderos", por lo que es muy peligroso para el ambiente siendo un grave riesgo para la salud de la población (MINAM, 2009).

Los botaderos se pueden convertir en rellenos sanitarios o ser clausurados de tal forma que el lugar quede rehabilitado sin contaminación ambiental; sin embargo, en el Perú existen muy pocas experiencias de este tipo porque la disposición final de los residuos sólidos es un tema que no ha tenido prioridad en las municipalidades y tampoco en la población local (CEPIS, 2002).

El departamento de Puno presenta una población de 129,832.00 y para el 2015 se tendrá una población de 1,415,608 habitantes según el INEI 2007, este aspecto ha traído como consecuencia que el distrito de Puno se convierta en una ciudad con alto nivel de generación de residuos sólidos, actualmente Puno se encuentra en un proceso de urbanización incrementado la generación de los residuos sólidos, para ser posteriormente depositados en el botadero municipal, los desechos sólidos son arrojadas diariamente en las calles, que en épocas de lluvias y vientos son arrastradas al lago Titicaca, originando contaminación del entorno (MINAM, 2009).

En la ciudad de Puno cada persona genera 0.7 Kg de residuos sólidos haciendo un promedio de 89 Tn/día en total. En Puno existen en total 50

puntos de vertido ilegal de basura y el único espacio de eliminación de estos residuos es el botadero municipal a cielo abierto ubicado en un espacio de la comunidad de Cancharani, que no reúne por completo las condiciones exigidas por la normatividad dentro de los parámetros correspondientes (CONAM, 2006).

Los impactos ambientales producidos por el mal manejo de los residuos sólidos, como:

- Una mala implementación y un mal manejo del sitio de disposición final de residuos sólidos.
- Un control sanitario inadecuado puede originar riesgos para la población y daños al medio ambiente; como la contaminación del agua, la descomposición de la basura produce líquidos (lixiviados) que contaminan con agentes biológicos (bacterias, virus) y químicos (metales, pesticidas, solventes orgánicos) en su migración a través del vertedero, los lixiviados pueden infiltrarse hacia las aguas superficiales y alcanzar las aguas subterráneas contaminando los ríos y pozos, siendo un peligro para la vida silvestre del lugar y para la salud de los vecinos.
- La contaminación del aire; se da por el gas liberado el cual contribuye a un problema macroecológico como es el efecto invernadero. Asimismo, la emisión de hidrocarburos orgánicos volátiles puede contribuir a la formación de ozono.
- Por último, el conjunto de peligros inherentes a los vertederos incontrolados repercute también en un problema económico, debido a la desvalorización de los terrenos circundantes, por lo tanto, nos debemos

plantear la siguiente pregunta: ¿Los residuos sólidos ubicados en el botadero de Cancharani, causa lixiviados, alterando el entorno humano de la población de la zona periférica del botadero de Cancharani – Puno?

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

PROBLEMA GENERAL:

¿Cómo los lixiviados del botadero alteran la calidad físico química del agua y sus efectos en la salud de la población del botadero de Cancharani – Puno?

PROBLEMAS ESPECIFICOS:

- ¿Cómo los lixiviados influirán en la calidad físico química del agua vertidos del botadero de Cancharani - Puno?
- ¿Cuál será el efecto de los residuos sólidos en la salud de la población de la zona periférica del botadero de Cancharani – Puno?

1.3 JUSTIFICACIÓN

La importancia de realizar este trabajo de investigación se fundamenta, en el hecho de existir una mala disposición de los residuos sólidos por parte del municipio, el efecto en la salud de la población. El mal manejo del sitio de disposición final de residuos sólidos; y el bajo control sanitario puede generar riesgos para la población y daños al medio ambiente; como la contaminación del agua, debido a que la basura genera los líquidos (lixiviados) que

contaminan con una gran variedad de agentes biológicos (bacterias, virus) y químicos (metales, pesticidas, solventes orgánicos) (CEPIS, 2002).

Por otro lado, se tiene a las poblaciones expuestas a los agentes físicos, químicos y biológicos de los residuos sólidos municipales son los trabajadores formales e informales que manipulan residuos; la población no servida; la que vive cerca de los sitios de tratamiento; la población de segregadores y sus familias (Acurio *et al.* 1997).

Un botadero es un espacio donde se eliminan los residuos sólidos sin ningún tipo de control; producen olores desagradables, gases y líquidos contaminantes. En los botaderos están los recicladores y criadores de cerdos que ponen en riesgo su salud y contaminan el ambiente. Los botaderos contaminan las aguas superficiales y subterráneas, el suelo y el aire; generando malos olores y es un lugar de proliferación de insectos y roedores que ocasionan enfermedades. Además, los botaderos no están permitidos por la ley (Dentro de la VI Disposición Complementaria de la Ley General de Residuos Sólidos 27314 del 21 de julio de 2000) (CONAM, 2006).

Todo ello permitirá evaluar la calidad físico química de las fuentes de agua vertidos con lixiviados del botadero de residuos sólidos; además de permitir en mejorar el PIGAR del 2013, donde se deberá de tomar en cuenta a la población que vive en los alrededores de Cancharani que actualmente tiene una población censada de 330 habitantes (según el INEI, Censos Nacionales

del 2007: XI de población y VI de vivienda) que de una u otra manera está directamente afectada por el botadero en relación a la salud pública de la población que vive a los alrededores del botadero de Cancharani.

1.4 OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la calidad físico química de las fuentes de agua vertidos con lixiviados del botadero de residuos sólidos y sus efectos en la salud pública de la población de la zona periférica del botadero de Cancharani – Puno.

Objetivos específicos

- Evaluar la calidad físico química de las fuentes de agua vertidos con lixiviados del botadero de residuos sólidos de Cancharani – Puno.
- Establecer los efectos de los residuos sólidos en la salud pública de la población de la zona periférica del botadero de Cancharani – Puno.

1.5 HIPÓTESIS

HIPÓTESIS GENERAL:

Los factores físico químicos de las fuentes de agua vertidos de los residuos sólidos se encuentran alterados por sus lixiviados y afectan en la salud pública de la población de la zona periférica de Cancharani - Puno.

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:

- La calidad físico química de las fuentes de agua vertidos con lixiviados del botadero de residuos sólidos de Cancharani – Puno son diferentes según las distancias de los puntos de muestreo.
- Los residuos sólidos del botadero de Cancharani – Puno origina efectos en la salud pública de la población que habita en la zona periférica.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Medina (2011), en estudios realizados sobre la caracterización de residuos sólidos domésticos en función a los factores socio económicos de la ciudad de Ayaviri – Puno, tuvo como resultados que el promedio de producción per cápita (PPC) de residuos domésticos para la ciudad de Ayaviri es de 0.359 kg/hab/día, el estrato alto 0.384, el estrato medio 0.369 y el estrato bajo 0.325 kg/hab/día. En la ciudad de Ayaviri el estrato socioeconómico bajo tiene mayor porcentaje de residuos en materia orgánica mientras que el estrato alto genera mayor porcentaje de residuos de papeles, plásticos y metales.

Trigos (2010), en estudios realizados sobre el efecto del manejo de residuos sólidos en la salud de los trabajadores de limpieza pública de los municipios de Puno y Juliaca – 2009; señalan un efecto negativo de daño a la salud en los

trabajadores de limpieza de los municipios de Puno y Juliaca, por el inadecuado manejo de residuos sólidos. Los sistemas de manejo de residuos sólidos, de Puno y Juliaca, presentan deficiencias en el orden técnico operativo y administrativo.

Espinosa *et al.* (2010), reportaron que los lixiviados generados en un vertedero de residuos sólidos municipales de la ciudad de la Habana (Cuba), tuvieron los siguientes valores: el oxígeno disuelto fue de 0 mg/l en todos los muestreos, la conductividad eléctrica osciló entre 1310 y 13130 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el pH mostró una tendencia hacia la basicidad de 7.93 a 8.10, la temperatura de 29.80 a 29.53 °C, el fósforo total de 8.82 a 68.50 mg/l, los nitritos de 0.02 a 0.23 mg/l, el nitrógeno amoniacal de 50.54 a 104.69 mg/l, los sólidos disueltos totales de 4652 a 6202 mg/l, la DBO, de 776 a 902 mg/l, DQO de 1188 a 2011 mg/l, la relación DBO/DQO mostró valores de materia orgánica en una relación <0.40 , las coliformes totales y fecales tuvieron en concentraciones mayores de 103 NMP/100 ml.

Goyzueta y Trigos (2009), en estudios realizados en la Rinconada, a 5200 msnm en Puno – Perú, se afirman que el 83.3% se dedican a la minería y el resto a actividades comerciales para su desarrollo y supervivencia en la zona. Para caracterizar los riesgos de salud pública de estas comunidades la población refiere que no cuenta con servicios básicos, el agua que usan proviene en su mayoría (89%) del lago y el resto del deshielo del glaciar Riticucho, en todos los casos sin condiciones de salubridad. Los servicios de desagüe no existen, apenas se registran 50 letrinas o pozos sépticos en todo el poblado. La

producción de residuos sólidos es de 0.54 Kg/día/ hab, solo se recolecta el 10%, el resto es acumulado en todo el poblado.

Hristivski *et al.* (2007), en Macedonia, realizaron un estudio de caracterización de los residuos sólidos municipales, con la finalidad de mejorar el establecimiento de estrategias de manejo de los residuos sólidos, se estimó la tasa de generación diaria PPC, el peso en volumen de los residuos compactados y no compactados, así como la generación diaria del volumen per cápita. Estas dos variables son indispensables para la asignación de vehículos de recolección, así como para la operación de sitio de disposición final

Valderrama (2006), en estudios realizados sobre el manejo de residuos sólidos y salud de familias que habitan próximas a la bahía interior del Lago Titicaca-2006, indica que el 28.7% de las familias nunca practica la minimización de los residuos sólidos (RS); 25,4% nunca almacenan los RS en recipientes con tapa; 24.8% nunca usan recipientes impermeables para RS; 31.7% nunca evitan que las lluvias ingresen al recipiente de RS; 26.1% evacuan sus RS una vez por semana; 9.5% disponen sus residuos sólidos en la bahía; 11.6% evacuan sus heces en la bahía; 14.6% nunca lavan sus manos luego de manipular los RS. Existe mayor porcentaje de RS inorgánicos en un 83.3% y en orgánicos 54.6%, indicando sintomatologías neuropsíquicas que fue de 52.7%; la mayor parte corresponde a cefaleas en un 65.3% y los disturbios digestivos fue de 41.6% y la mayor prevalencia corresponde a nauseas.

Bel (2005), en la investigación, análisis de los gastos municipales por el servicio de residuos sólidos, se encontró que la cantidad de residuos sólidos y la proporción de residuos reciclables tienen una relación muy significativa con el gasto de mayor proporción de residuos potenciales para el reciclaje, la frecuencia de recolección, el nivel salarial y la actividad turística incrementan el costo del servicio, esto lo atribuye al aumento de viajes de recolección (ingresos altos y actividades turísticas).

Rojas (2004), en la investigación sobre la cantidad y disposición final de residuos sólidos en la ciudad de Puno, concluye que la producción de residuos sólidos es de 89 247 kg/día, con una incidencia en horas de la noche a partir de las 6:30 pm teniendo una PPC de 0.74 kg/día los mismos que son producidos por viviendas, instituciones, comercio, hoteles, colegios, mercados.

Ferro (2004), realizó un estudio en el marco del proyecto Modelo Urbano para la salud ambiental (MUSA) de CARE Perú, denominado monitoreo de los riesgos de la salud ambiental derivados de una adecuada gestión de residuos sólidos; con el objetivo de contribuir a la construcción instrumental de un sistema de monitoreo local de riesgos de salud ambiental en zonas periurbanas, principalmente utilizando la metodología PACE-EH para la identificación de los indicadores relacionados a la inadecuada gestión de los residuos sólidos, dando como resultado que dicho estudio recomienda el uso de 27 indicadores relacionados a la gestión inadecuada de residuos sólidos, los cuales deben ser sometidos a monitoreo local con ayuda de 20 instrumentos, lo que finalmente permitirá la elaboración de planes de riesgo sanitario.

CIIMSA (2004), Comité Interinstitucional para el mejoramiento de la salud Ambiental de Puno, ayudó a diferentes instituciones nacionales e internacionales, a elaborar el Plan Integral de Gestión Ambiental de R. S. de Puno (PIGARS – Puno). En el cual se realizó un diagnóstico por las empresas, para una población de 111722 habitantes de la ciudad de Puno, que generaban 74.7 Ton/día (0.67 Kg/Hab).

Valderrama (2004), en la investigación sobre contaminación por residuos sólidos urbanos en el malecón turístico de la bahía interior del lago Titicaca de la ciudad de Puno, concluyeron que los residuos sólidos que contaminan la bahía son principalmente de naturaleza orgánica (70%). Los residuos inorgánicos están compuestos por fierros (21%), botellas PET descartable (15%), bolsas de plástico (13%), latas (10%), vidrios (7%), entre otros, y los orgánicos por desechos de cocina – alimentos (54%), heces (19%), huesos (11%), papeles y cartones (8%), arbustos (4%) y otros.

Concepción *et al.* (2003), realizaron un estudio de 15 municipios de la ciudad de la Habana a principios del año 2003, con el fin de evaluar el comportamiento de algunos indicadores relacionados con el saneamiento ambiental y el trabajo de la comunidad en la prevención del dengue, para lo cual se utilizó el método de EPI clúster. Se aplicó una encuesta a un total de 3150 personas de 15 a más años y a la vez se supervisaron las viviendas de los encuestados. En el análisis de los programas se utilizó la prueba estadística SAS, mediante el cual se

determinó los porcentajes, medias, intervalos de confianza y cuartiles de los diferentes aspectos abordados.

Ortega *et al.* (2001), en la investigación el pediatra y la Incineración de Residuos Sólidos, conceptos básicos y efectos adversos en la salud humana, su objetivo fue promover las enfermedades y efectos adversos sobre la salud humana, especialmente durante los primeros años de vida, asociados a los contaminantes medioambientales generados por la incineración de los residuos sólidos, concluyeron indicando que la incineración emite diversos contaminantes atmosféricos como: materia particulada, compuestos gaseosos (óxido de nitrógeno, cloruro de hidrogeno, monóxido de carbono y dióxido de carbón), aerosoles ácidos, metales (cadmio, plomo, mercurio, cromo, arsénico y berilio), compuestos orgánicos (dioxinas y furanos, policlorofenilos e hidrocarburos policíclicos aromáticos), originando la mortalidad.

Jaramillo (1997), indica que la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), determinaron que las poblaciones que laboran manipulando residuos sólidos, se encuentran afectadas en su salud, destacando la presencia de fiebre tifoidea, salmonelosis, lepra, malaria, peste bubónica, rabia etc.

2.2 MARCO REFERENCIAL

2.2.1 BOTADERO DE BASURA

El botadero, es una de las prácticas de disposición final más antiguas que ha utilizado el hombre para tratar de deshacerse de los residuos que el mismo

produce en sus diversas actividades. Se le denomina botadero al sitio donde los residuos sólidos se abandonan sin separación ni tratamiento alguno, ese espacio funciona sin criterios técnicos en una zona de recarga situada junto a un cuerpo de agua, un drenaje natural, etc. En ese lugar no existe ningún tipo de control sanitario ni se impide la contaminación del ambiente. El aire, el agua y el suelo son deteriorados por la formación de gases y líquidos lixiviados, quemas, humos, polvo y olores nauseabundos. Se puede categorizar al botadero según el tiempo de actividad (Tchobanoglous *et al.* 1994), de la siguiente manera:

- Botadero reciente: de 0 a 2 años.
- Botadero medianamente reciente: de 2 a 5 años.
- Botadero antiguo: de 5 a 8 años.
- Botadero muy antiguo: de 8 a más de 10 años (Tchobanoglous *et al.*, 1994)

2.2.2 Residuos sólidos

Se dice residuos sólidos a cualquier producto, materia o sustancia generada por la actividad del hombre o por la naturaleza, que ya no tiene más función para la actividad que lo generó (CEPIS/OPS/OMS, 2002).

2.2.3 Clasificación de los residuos sólidos

Los residuos sólidos se clasifican de diversas formas. Según su estado físico éstos pueden ser: sólidos, líquidos, gaseosos o pastosos. Si bien, desde el punto de vista de su estructura química, el origen y el destino final potencial de los residuos, Hontoria y Zamorano (2000), los clasifican en.

2.2.3.1 Residuos sólidos orgánicos: Son aquellos que forman parte de un ser vivo los cuales derivan de los procesos de transformación de los combustibles fósiles.

2.2.3.2 Residuos sólidos inertes: Son no biodegradables. Proceden normalmente de la extracción, procesamiento de los recursos minerales, como los de la construcción, demolición, etc.

2.2.3.3 Residuos sólidos peligrosos: Son residuos orgánicos, inertes que por sus características físicas, químicas o biológicas no pueden ser acopiados a procesos de recuperación o transformación convencionales.

2.2.3.4 Residuos sólidos de origen doméstico, derivados de mercados, camales o mataderos, etc.

2.2.3.5 Aguas residuales, cuando no se da un sistema de depuración, se aplican otros sistemas adecuados.

Gases expulsados a la atmósfera en el proceso de incineración de los residuos sólidos y que además incluyen restos y cenizas. Es consecuente también englobar los distintos componentes de los residuos en tres grandes grupos, en función del tratamiento final: inertes, fermentables y combustibles (Hontoria y Zamorano, 2000).

2.2.4 Manejo de los Residuos Sólido

Es una técnica operativa de residuos sólidos de manipuleo, acondicionamiento, transporte, transferencia, tratamiento, disposición final o cualquier otro procedimiento técnico operativo utilizado desde la generación hasta la disposición final. La meta es realizar una gestión que sea ambiental y económicamente adecuada. Para implementar un

programa de manejo, el CEPIS (2002), recomienda la optimización de los siguientes aspectos:

- **Aspectos técnicos:** La tecnología debe ser muy sencilla en el proceso de la implementación, operación y mantenimiento; debe utilizarse recursos humanos y materiales de la zona e implementar todas las fases desde la producción hasta la disposición final.
- **Aspectos sociales:** Se debe incentivar hábitos positivos en la población y evitar los negativos, promoviendo la participación y la organización de la comunidad.
- **Aspectos económicos:** El costo de implementación, operación, mantenimiento, y administración debe ser económicamente sostenible, con ingresos que cubran el costo de servicio.
- **Aspectos organizativos:** La administración debe ser simple y dinámica.
- **Aspectos de salud:** El programa debe promover la prevención de enfermedades infecto contagiosas.
- **Aspectos ambientales:** El programa no debe tener impactos ambientales negativos en el suelo, aire y agua.

Sistema de manejo de residuos sólidos: se compone básicamente de cuatro subsistemas: generación, transporte, tratamiento, disposición final y control de supervisión (CEPIS/OPS/OMS, 2002).

2.2.5 Manejo integral de residuos sólidos

Son acciones normativas, financieras y de planeamiento que se consideran en todas las etapas del manejo de residuos sólidos desde su

generación, basándose en procesos sanitarios ambientales y de viabilidad técnica y económica para la reducción en la fuente, el aprovechamiento, tratamiento y la disposición final de los residuos sólidos (CEPIS/OPS/OMS, 2002).

Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), procedentes de las viviendas, como resultado de la eliminación de las actividades domésticas; son también los que proceden de establecimientos o la vía pública, o los que resultan de la limpieza de las vías o lugares públicos y que tienen características como los domiciliarios. Su manejo y control es competencia de las autoridades municipales y delegacionales (CEPIS/OPS/OMS, 2002).

El manejo de los residuos sólidos según el Artículo de la Ley General de los Residuos Sólidos N° 27314 nos indica:

- Minimización de los Residuos
- Segregación en la fuente.
- Reaprovechamiento.
- Almacenamiento.
- Recolección.
- Comercialización.
- Transporte.
- Tratamiento.
- Transferencia.
- Disposición Final.

2.2.6 Riesgo asociado a la disposición de residuos sólidos:

2.2.6.1 Gestión Negativa. las consecuencias por una gestión negativa se resumen en:

2.2.6.1.1 Enfermedades provocadas por vectores sanitarios. Se tiene varios vectores sanitarios de gran importancia epidemiológica cuya permanencia pueden estar relacionados en forma directa con las etapas del manejo de los residuos sólidos.

2.2.6.1.2 Contaminación de aguas. La mala disposición de los residuos puede generar la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, además de contaminar la población que habita en estos medios.

2.2.6.1.3 Contaminación Atmosférica. El material particulado los gases que se emiten al aire producto de las fabricas representan las principales causas de contaminación atmosférica.

2.2.6.1.4 Contaminación de suelos. Los suelos son alterados en su estructura debido a la presencia de los líquidos percolados dejándolos infértiles por largos periodos de tiempo.

2.2.6.1.5 Salud mental. Se realizaron muchos estudios que confirman el deterioro anímico y mental de las personas directamente afectadas (CEPIS/OPS/OMS, 2002).

2.2.7 Contaminación del suelo, agua y aire

Los vertederos incontrolados representan la forma más económica de desprenderse de los RSU, pero la menos respetuosa con el ambiente. El problema principal que generan el abandono y acumulación de RS en los medios receptores (suelo, agua y aire) es su contaminación, con el

consiguiente deterioro del entorno y pérdida de valor económico-ecológico de los terrenos cercanos. Además, afectan a la salud humana y al ecosistema, por ser focos de aparición de insectos, roedores y otros animales transmisores de enfermedades (Bautista, 1998).

2.2.7.1 Contaminación del suelo

Los RSU que se acumulan en el suelo alteran su estructura y existe una gran cantidad de microorganismos, metales pesados, ácidos, etc. Las reacciones químicas que se producen cuando el agua de la lluvia cae sobre ellos dan lugar a lixiviados que se infiltran hacia el interior de los mismos contaminando suelo y agua (Acurio *et al.*, 1997).

2.2.7.2 Contaminación del aire

En las zonas de acumulación de RSU se generan procesos de descomposición de la materia orgánica (fermentación) que desprenden gases altamente contaminantes e inflamables como el metano (CH_4). El metano es un gas de efecto invernadero 25 veces superior al dióxido de carbono (CO_2), que contamina la atmósfera, absorbe radiaciones infrarrojas provocando el calentamiento de la misma (contribuyendo al cambio climático), altera las vías respiratorias y puede provocar incendios incontrolados (Acurio *et al.*, 1997).

2.2.7.3 Contaminación del agua

La contaminación de los ríos y aguas subterráneas se debe a la percolación de los lixiviados a través del suelo por efecto de las lluvias, es

uno de los problemas de contaminación más importantes que provoca la disposición inadecuada de los RSU. Además, el agua también se contamina por el vertido directo de RSU pudiendo llegar a modificar incluso el sistema de drenaje y el curso de los ríos (Acurio *et al.*, 1997).

2.1.9 Efectos de los desechos sólidos en la salud pública

La importancia de los desechos sólidos que transmiten algunas enfermedades, al lado de otros factores principales que actúan por vías directas. Estos riesgos van asociados a efectos directos a la salud y a efectos indirectos para la misma (Ralli, 2013).

2.1.10.1 Efectos directos e indirectos: estos se refieren al contacto directo con la basura, que algunas veces contiene excremento humano, de animales y restos de otros agentes que son fuente de transmisión de enfermedades, de los cuales las personas encargadas del servicio de recolección son los más afectados, mientras que los efectos indirectos están vinculados a la proliferación de vectores, entre las que se encuentran, las moscas, las ratas, las cucarachas que se encuentran en los residuos sólidos. (Ralli, 2013).

2.1.10.1.1 Alteración del sistema hídrico

Afecta las aguas superficiales y subterráneas, por el vertidos directos de la basura hacia los ríos y quebradas y por la mala disposición de los lixiviados, a consecuencia de los botaderos a cielo abierto estas descargas provocan el aumento de la carga orgánica y disminuyen el

oxígeno disuelto, incrementado los niveles de nutrientes y algas que dan lugar al proceso de eutroficación en los cuerpos de agua y causando la muerte de peces, la generación de malos olores, el deterioro del aspecto estético y la pérdida del recurso agua como fuente de abastecimiento a poblados (Ralli, 2013).

2.1.10.1.2 Alteración del aire

Es evidente el impacto negativo que causan los vertederos a cielo abierto, la quema de estos residuos y el humo que reduce la visibilidad, causan irritaciones nasales y de la vista, provocando afecciones pulmonares, generándose malos olores (Ralli, 2013).

2.1.11 Marco legal

2.1.11.1 Ley General del Ambiente

“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”.

2.1.11.2 Ley General de Residuos Sólidos

Según la Ley General de los Residuos Sólidos N° 23734, se pone de manifiesto como finalidad, el manejo integral y sostenible, mediante la

articulación, integración y compatibilización de las políticas, planes, programas, estrategias y acciones de quienes intervienen en la gestión y manejo de los residuos sólidos, aplicando los lineamientos de políticas que se establecen. Aclara que la responsabilidad de la gestión de los residuos sólidos es de las municipalidades provinciales y distritales, conforme lo señalado en los artículos 10,11 y 12 y las EPS – RS que estas contraten, son responsables del manejo sanitario y ambiental adecuado de los residuos, domésticos y comerciales, como los producidos por otras fuentes (Ley N° 27314, 2000).

2.1.11.3 Ley Orgánica de Municipalidades

Las municipalidades en materia de saneamiento, salubridad y salud ejercen entre otras, las funciones de regular y controlar el proceso de disposición final de desechos sólidos; regular y controlar la emisión de gases y demás elementos contaminantes de la atmosfera y el ambiente; regular el servicio y proveer directamente o por concesión el servicio de agua potable, alcantarillado y desagüe, limpieza pública y tratamiento de RS; difundir programas de saneamiento ambiental; realizar campañas de medicina preventiva, educación sanitaria y profilaxis local; proveer del servicio de limpieza pública determinando las áreas de acumulación de desechos, etc. En materia de educación promover el logro de la cultura de la prevención mediante la educación para la preservación del ambiente; impulsar una cultura cívica de respeto a los bienes comunales, de mantenimiento y limpieza y de embellecimiento del ornato local; etc. (Artículos 80 y 82, Ley Orgánica de Municipalidades, 2003).

2.1.11.4 Política Nacional del Medio Ambiente:

Eje de política 2 “Gestión Integral de la calidad ambiental”

Inciso d. Promover la inversión pública y privada en proyectos para mejorar los sistemas de recolección, operaciones de reciclaje, disposición final de residuos sólidos y el desarrollo de infraestructura a nivel nacional; asegurando el cierre o clausura de los botaderos y otras instalaciones ilegales.

Inciso g. Promover el manejo adecuado de los residuos sólidos peligrosos por las municipalidades en el ámbito de su competencia, coordinando acciones con las autoridades sectoriales correspondientes.

Inciso i. Promover la minimización en la generación de residuos, el efectivo manejo y disposición final segregada de los residuos peligrosos, mediante instalaciones y sistemas adecuados a sus características particulares de peligrosidad.

2.1.11.5 Ley General de Salud

La protección del ambiente es responsabilidad del Estado y de las personas naturales y jurídicas quienes tienen la obligación de mantenerlo dentro de los estándares, para preservar la salud de las personas, lo cual establece la autoridad de salud competente. Toda persona natural o jurídica, está impedida de efectuar descargas de desechos o sustancias contaminantes en el agua, el aire o el suelo, sin haber adoptado las precauciones de depuración en la forma que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente (Capítulo VIII; Artículo 103 y 104, Ley N° 26842).

2.1.11.6 Salud

Desde la constitución de la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 1946, la salud ha sido concebida como “un estado de completo bienestar físico mental y social y no meramente como la ausencia de enfermedad o incapacidad” (OPS, 1997). Se reconoce entonces, que la salud no solo consiste en no estar enfermo sino más bien que esta noción alude a un estado de bienestar personal, el aspecto medico es una dimensión de la salud ya que existen otros factores como: la geografía, el clima, el trabajo, el ingreso, la alimentación, la educación, la vivienda los valores éticos, en conjunto inciden en esta condición de bienestar (Rengifo *et al.*, 2007).

2.1.11.7 Salud Ambiental

Comprende aspectos de la salud humana, incluida la calidad de vida, que son determinados por factores ambientales, físicos, químicos, biológicos, sociales y psicológicos (Ordoñez, 2000).

2.1.11.8 Salud y Derechos Humanos

El pacto Internacional de derechos Económicos, Sociales y Culturales de 1968, en su artículo 12, reconoce el derecho al disfrute del nivel más alto alcanzable de salud física y mental, entendido como un derecho inclusivo que va más allá del cuidado de la salud como: el agua segura para beber, saneamiento adecuado y acceso a información relacionada (Hunt, 2006).

Riesgo de daño a la salud. Todos los seres vivos están expuestos constantemente a múltiples y diversos riesgos de enfermar y morir (Miranda, 2000). Los riesgos ambientales pueden producir un amplio abanico de

efectos sobre la salud, que varían de tipo, intensidad y magnitud según la clase de peligro, el nivel de exposición y el número de afectados, así como los peligros ambientales actúan junto con los factores genéticos, la nutrición, los riesgos en el estilo de vida y otros factores para provocar enfermedad (Rengifo *et al.*, 2007).

2.1.11.9 Ley de Aguas N° 29339

En cuanto a la conservación y preservación de las aguas, la autoridad nacional de aguas es la encargada de velar por la conservación y preservación de las fuentes de aguas y sus bienes naturales asociados. Por otro lado, el Instituto Nacional de Aguas debe supervisar y fiscalizar el cumplimiento de las normas de calidad ambiental de las aguas sobre la base de los estándares nacionales de calidad ambiental de las aguas y las disposiciones y programas para su implementación propuestos por el consejo nacional del Ambiente. También está facultado para establecer medidas para prevenir, controlar y remediar la contaminación de las aguas y sus bienes naturales asociados.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 ÁMBITO DE ESTUDIO

3.1.1 Ubicación

El botadero de Cancharani se encuentra ubicado en el ámbito del distrito de Puno, teniendo un área de influencia dentro de la zona que enmarca la comunidad de Cancharani que colinda con la zona denominada Itupallani, las cuales están dentro de la provincia de Puno; distanciada a unos 9.25 km del centro de la ciudad sobre la vía asfaltada Puno Laraqueri, a una altitud de 3995 msnm.

La zona en estudio es accedida por la vía asfaltada Puno - Moquegua a la altura del km 7.580, donde está ubicado un desvío que conduce a una vía afirmada que comunica con la comunidad campesina de Cancharani Alto y dos kilómetros más adelante con la zona de Itupallani donde se ubica también el río Itupallani que se encuentra al frente del botadero y la zona arqueológica de San Luis de ALBA o Puno antiguo, en las cercanías de las antiguas minas de Laykakota.

El botadero de Cancharani viene funcionando por más de 30 años y más de 80 toneladas de basura diarias son trasladadas para su disposición final. El botadero es administrado por la Municipalidad Provincial de Puno y cuenta con un área de 10 ha y con una capacidad de almacenamiento de 263340 m³, el cual se encuentra totalmente saturado. Está formada por planicies onduladas y laderas de montañas y pendientes (MPP, 2013).

3.1.2 Límites

- Norte: Provincia de San Román, Huancané y parte del Lago Titicaca
- Sur: Provincia de El Collao y Dpto. Moquegua
- Este: Provincia de El Collao y el lago Titicaca
- Oeste: Dpto. de Moquegua y Provincia de San Román

La ciudad de Puno, capital del departamento, provincia y distrito de Puno, ocupa una extensión de 460.63 Km².

3.1.3 Clima e hidrografía

La zona de Cancharani por su localización geográfica, su altitud y la proximidad al lago Titicaca tiene un efecto termorregulador. Presenta una temperatura promedio anual baja de 8.7 °C y estaciones marcadamente secas y húmedas. Las temperaturas máximas y mínimas en el día presentan fuertes oscilaciones propias del altiplano, siendo estas entre los 13.3 °C (junio y julio) a 16.1 °C (noviembre) y -1.0 °C (junio) a 5.3 °C (enero). El promedio de lluvia anual es de 711.3 mm, existiendo una estación húmeda con el 79% de las lluvias entre noviembre y marzo. Las direcciones dominantes de los vientos vienen del este y del sur - suroeste.

La zona de Cancharani presenta un promedio de 8.2 horas sol por día, oscilando a un máximo de 9.6 horas de luz solar al día, lo que sucede en julio, y baja hasta 6.2 horas por día en enero. Presenta elevados niveles de radiación solar que varían de 549 calorías/cm²/día (noviembre) a 390 calorías/cm²/día (mayo y julio). La humedad relativa anual es 56% (Navido, 2010).

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Evaluación de la calidad físico química de las fuentes de agua vertidos con lixiviados del botadero de residuos sólidos de Cancharani – Puno

- a. Estimación de la calidad de agua:** Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, se seleccionó los puntos de muestreo tomando en cuenta la distancia al botadero, de donde salen los lixiviados y posteriormente hasta el punto en que este llega al río; tomándose las muestras de la siguiente manera:

Un punto de muestreo al inicio del lixiviado (MP-01); otro hasta llegar a la carretera separados por 6 m considerado como (MP-02); (MP-03) a unos 120m; el otro punto de muestreo en la intersección con el río Itupallani (MP-04); y el último punto de muestreo se realizó en el mismo río Itupallani considerado como punto (MP-05), seguidamente tomamos un punto de control (P-REF) muestra que fue tomada 20 m arriba después de que el lixiviado haya llegado al río, los cuales fueron muestreados en dos épocas

del año (época de lluvias mes de enero – 2015) y en (época de seca mes de junio – 2015) haciendo un total de 12 muestreos en ambas épocas.

b. Recolección de muestra de agua: Se realizó el muestreo según lo recomendado por Sericano (2008), el muestreo se denomina toma de muestra instantánea puntual o aleatoria. Es decir que se tomó en el lugar y luego se analizó en ella los componentes de interés. Los muestreos instantáneos se establecen cuando se requieren conocer el comportamiento en el tiempo de las concentraciones de diferentes componentes y determinar los máximos y mínimos de estas concentraciones, conociendo siempre, además, el caudal en el punto de muestreo.

c. Parámetros físicos: Se determinó en el Laboratorio de Aguas y Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano.

c.1 Temperatura y potencial de hidrogeno (pH)

Método: Electrométrico

Fundamento. El método determinará la acidez o la alcalinidad del agua, si el agua es ácida (aquella característica que provoca la corrosión de las tuberías de Fe), neutra o básica. Una solución que tenga pH menor que 7 es ácida, la que tenga un pH equivalente a 7 es neutra y, si el pH es mayor que 7, la solución es alcalina (Carrillo y Salinas, 1988).

Procedimiento. EL pH se midió con un potenciómetro y temperatura con un termómetro (pHmeter Orion Star). En un vaso precipitado de 250 ml, se colocó un volumen de 50 ml de agua a analizar, para esto se enjuagó tres veces antes del análisis. Para empezar primero se calibró el equipo para la medición (potenciómetro), se procedió al análisis de la muestra y se anotó los resultados obtenidos. Para obtener datos de la temperatura se introdujo un termómetro a la muestra de agua por 5 minutos, se dio lectura y se anotaron los resultados.

c.2 Sólidos totales disueltos (SDT)

Método: Conductimetría

Fundamento. La determinación de sólidos disueltos totales mide específicamente el total de residuos sólidos filtrables (sales o residuos orgánicos) a través de una membrana con poros de 2 μm (o más pequeño). Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas. Aguas para consumo humano, con un alto contenido de sólidos disueltos, son por lo general de mal grado para el paladar y pueden inducir una reacción fisiológica adversa al consumidor (Carrillo y Salinas, 1988).

Procedimiento: En un vaso de precipitado de 250 ml, se colocó un volumen de agua a analizar, previamente fue enjuagado mínimamente por tres veces, inmediatamente se introdujo el electrodo del conductímetro (WTW CONT 330i), hasta que el equipo se estabilizara y se anotó el valor obtenido.

d. Parámetros químicos: Se realizó en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agrarias; mediante el equipo de HACH.

d.1 Fósforo total

Método: Ácido ascórbico.

Fundamento. En medio ácido y en presencia de molibdato amónico, los ortofosfatos forman un complejo fosfomolibdico que, reducido por el ácido cloro estannoso desarrolla una coloración azul susceptible de una determinación colorimétrica. Ciertas formas orgánicas pueden hidrolizarse durante el proceso de formación del color y dar los ortofosfatos. La sensibilidad del método se aumenta extrayendo la coloración azul con un disolvente (Miranda, 2000).

Procedimiento. Se midió 20 ml de agua residual en un matraz aforado de 100 ml, luego se añadió 2 ml de sulfo molibdato y 3 gotas de cloro para completar el volumen a 100 ml con agua destilada, a continuación, se esperó 10 minutos y se efectuó las lecturas en el espectrofotómetro a la longitud de onda de 660 nm en una cubeta de 10 cm. Se tuvo en cuenta el valor leído para el testigo. Los resultados se obtuvieron en la curva de calibración. Para una muestra de 20 ml, la curva dio el contenido de fósforo expresado en mg/l (Miranda, 2000).

d.2 Nitrógeno amoniacal

Método: de Nessler.

Fundamento: Para determinar el contenido de nitrógeno amoniacal en una muestra, previamente se lleva a cabo una extracción de la muestra

mediante solución extractora de cloruro de potasio 2M y después de esto se filtra. Una vez extraída la muestra se analiza siguiendo el programa 2400 del espectrofotómetro HACH que corresponde a la determinación de nitrógeno amoniacal por el método de Nessler.

Procedimiento: Se transfirió 25 ml de muestra a un vaso del kit. Se adicionó 2 gotas de la solución estabilizadora A-1500 y se agitó muy bien. Se vertió el contenido de la ampolla Chemets del vaso del kit. A continuación, se mezcló el contenido de la ampolla, invirtiéndola 3 veces. Se limpió todo el líquido del vaso absorbiendo con la ampolla. Se esperó 1 minuto hasta vire totalmente al color amarillo. Se usó el comparador de acuerdo con el rango de nitrógeno amoniacal a determinar.

d.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Método: Incubación y Electrometría.

Fundamento: El ensayo mide el oxígeno molecular utilizado durante un periodo de incubación específico para la degradación bioquímica del material orgánico (demanda carbonosa) y el oxígeno utilizado para la degradación bioquímica del material inorgánico tal como sulfuros y hierro ferroso.

Procedimientos:

- Se enjuagó la botella Winkler varias veces con agua destilada, luego se llenó la botella con el agua residual sin presencia de burbujas, después se le añadió 5 gotas de O₂ – 1, seguidamente se sacudió por 1 minuto, a continuación, se le añadió 10 gotas de la solución O₂ – 3, para luego sellarlo con el tapón y se sacudió.

- Luego a un tubo de ensayo se transfirió 5 ml, al cual se añadió una gota de O₂ – 4 y la solución viró de violeta a azul, posteriormente se cargó la pipeta de titulación enrasando con el reactivo O₂ – 5 a escala cero, lentamente con la solución de la titulación se procedió a la valoración del tubo de ensayo experimental hasta que vire del color azul al violeta.
- Una vez virado el color se procedió a la lectura del contenido de oxígeno en mg/l o ppm (resultado A). Posteriormente se incubó la botella Winkler a 20 °C por 5 días, después se realizó el mismo procedimiento anterior y se procedió a la lectura del contenido de oxígeno (resultado B). Finalmente, para determinar DBO₅, se restó el resultado A menos el resultado B, el valor fue el DBO₅ (APHA, 2005).

d.4 Demanda química de oxígeno (DQO)

Método: del Dicromato.

Fundamento: La muestra se lleva a ebullición, a reflujo, en presencia de sulfato de mercurio (II), de una cantidad conocida de dicromato potásico y de un catalizador de plata, en medio fuertemente ácido, durante un tiempo determinado durante el cual una parte del dicromato es reducida por las materias oxidables presentes. El exceso de dicromato se valora con una disolución de sulfato de hierro (II) y amonio. Se calcula la DQO a partir del dicromato reducido.

Procedimiento:

- Se han dividido las cantidades por 5 y se utilizó un tubo de digestión de 25 x 300 mm, calentado en su parte inferior, en una placa de

calefacción apropiada, la cual produce condensación en las paredes del tubo.

- Se tomaron 10 ml de muestra diluida según el valor esperado para la DQO.
- Se colocaron en un tubo de digestión, se agregaron 5 ml de solución $K_2Cr_2O_7$ 0.25 N (equivalentes a 1.25 ml de solución 1 N + 3.75 ml de H_2O).
- Con mucho cuidado se agregaron 15 ml de H_2SO_4 , se puso a digerir 1 hora y 30 minutos y, seguidamente, se dejó enfriar de un día para otro.
- Al día siguiente se diluyó a 100 ml con agua, se agregaron 3 gotas de indicador Ferroiri y se tituló con sulfato ferroso amoniacal (FAS) 0.25.
- Cálculos: 1 ml de solución de Dicromato 1 N contiene 49.03 mg de $K_2Cr_2O_7$ y oxida 3 mg de carbón equivalentes a una DQO de 8 mg de oxígeno.
- $DQO \text{ (mg/l)} = (\text{ml de FAS} \times \text{normalidad en el blanco} - \text{ml de FAS} \times \text{normalidad en la muestra}) \times 8 \times 1000/\text{Alícuota}$ (APHA, 2005).

e. Análisis estadístico

El diseño experimental fue completo al azar. Los valores de los parámetros físico químicos de las muestras de agua influenciadas por los lixiviados del botadero de residuos sólidos de Cancharani, fueron evaluados mediante las siguientes pruebas estadísticas descriptivas y de dispersión:

- **Cálculo de promedio (\bar{X}):**

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Donde: X_i = valor unitario de dato; n = número de datos.

- **Cálculo de desviación estándar (S):**

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Donde: X_i = valor unitario de dato; \bar{X} = promedio y n = número de datos.

- **Cálculo de coeficiente de variabilidad (CV):**

$$CV = \frac{s}{\bar{X}} (100)$$

Donde: S = desviación estándar; \bar{X} = promedio.

Para evaluar la existencia de diferencia estadística significativa de los parámetros físico – químicos de los lixiviados en los cinco puntos de muestreo, se realizaron pruebas de análisis de varianza y de Duncan, aplicándose el siguiente modelo matemático aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde: $i = 1, \dots, t$; t = número de tratamientos; $j = 1, \dots, n$; n = número de repeticiones por tratamiento; μ = es el factor medio; τ_i = es el efecto de i – ésimo tratamiento; ε_{ij} = error experimental.

Los cálculos del análisis estadístico descriptivo e inferencial se realizaron manualmente.

3.2.2 Efectos de los residuos sólidos en la población de la zona periférica del botadero de Cancharani – Puno.

3.2.3 Tipo diseño del estudio. Es un estudio descriptivo explicativo, comparativo y transversal, es decir se recolectó la información en un tiempo determinado para obtener indicadores y consecuencias de la variable dependiente (alteraciones digestivas, dolores de cabeza, piel, respiratorias) y de la variable independiente (sobre todo en la fase de disposición final) (Polit y Hungler, 2000).

a. Técnicas de Recolección. Se aplicó la técnica de la encuesta, en relación al sistema de disposición final de los residuos sólidos, que afecta la salud pública de la población, así como la presencia de alteraciones digestivas, dolores de cabeza, piel y respiratorias.

b. Instrumento. Se aplicó un cuestionario como instrumento que permitió recabar información sobre las alteraciones digestivas, dolores de cabeza y piel para conocer los efectos de los residuos sólidos en la salud pública de población periférica del botadero de Cancharani (Figura 1).

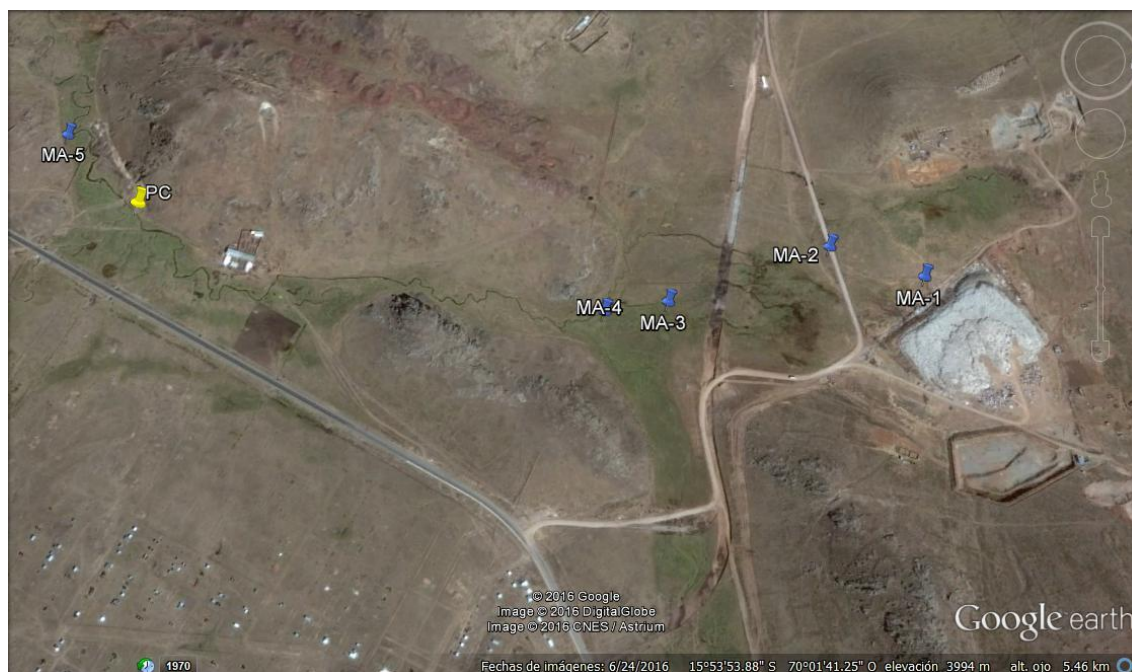


Figura 1. Zonas de muestreo de agua en las periferias al botadero de residuos sólidos de Cancharani - Puno.

Donde: MA-1 = Botadero de Cancharani de los lixiviados que se originan en este punto; MA-2 = Punto que llega a la carretera separados por 6 m; MA-3 = Ubicado a unos 120 m; MA-4 = Intersección con el río Itupallani; MA-5 = Río Itupallani; P- REF = 20 m hacia arriba.

3.2.4 Análisis estadístico

Los resultados fueron tabulados a partir de las encuestas realizadas a los habitantes de las zonas circundantes del botadero de Cancharani, dichos resultados fueron tabulados y representados en porcentajes, los que al final fueron analizados e interpretados. Dichos cálculos se realizaron manualmente.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CALIDAD FÍSICO QUÍMICA DE LAS FUENTES DE AGUA VERTIDOS CON LIXIVIADOS DEL BOTADERO DE RESIDUOS SÓLIDOS DE CANCHARANI – PUNO

4.1.1 Parámetros físicos

4.1.1.1 Temperatura

En el cuadro 1, se muestran que los valores de temperatura en los cinco puntos de monitoreo ambiental, oscilaron entre 9.20 y 10.50 °C en el mes de enero y entre 7.10 y 9.50 °C en el mes de junio. La temperatura del agua de los ríos de la sierra en la categoría 4 destinado para la conservación del ambiente acuático y consignado en el Decreto Supremo No. 015-2015-MINAM, el cual “Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación”, en el que indica que la temperatura del agua puede presentar una variación de 3 °C respecto al promedio mensual multianual del área evaluada ($\Delta 3$). En esta investigación consignamos la temperatura de 13 °C como límite

promedio de temperatura del agua registrada por Dejoux & Iltis (1992), Poccohuanca (2009). Por lo tanto, los valores de la temperatura del agua influenciada por los lixiviados del botadero de Cancharani (MA1, MA3, MA4 y MA5), están debajo de los parámetros promedio, excepto el punto MA2, el cual posee un promedio de 10 °C. Según el análisis estadístico realizado, no se presentó diferencia estadística significativa entre los puntos más cercanos al botadero de Cancharani (MA1 y MA2), los puntos más alejados (MA3, MA4 y MA5) y los puntos de referencia ($F=3.569$; $GL=2.9$; $P=0.072$).

Cuadro 1

Temperaturas en cinco puntos de monitoreo ambiental (MA1 a MA5) y un punto de referencia (P-REF) en muestras de agua influenciadas por los lixiviados generados de los residuos sólidos del botadero de Cancharani, en los meses de enero y junio del año 2015.

Meses	Temperatura (°C)						
	MA1	MA2	MA3	MA4	MA5	P-REF	LP
Enero	9.20	10.50	9.20	6.80	8.50	10.10	13.00
Junio	8.20	9.50	8.90	7.10	8.20	9.50	
Promedio	8.70	10.00	9.05	6.95	8.35	9.80	
D. E.	0.71	0.71	0.21	0.21	0.21	0.42	
C. V. (%)	8.13	7.07	2.34	3.05	2.54	4.33	
n	3	3	3	3	3	3	

Donde: D. E. = desviación estándar; C. V. (%) = coeficiente de variabilidad;

N = número de datos; LP = Límite promedio.

Martínez (2006), sustenta que las muestras de agua destinadas a la conservación de la flora y fauna, deberá de poseer el promedio anual del

agua incrementado en 2.5 °C, siendo similar a lo emanado en el D. S. 015-2015-MINAM, de tal modo que la temperatura permisible promedio considerada en ésta investigación fue de 13 °C. Los valores promedio de temperatura determinados en los cinco puntos de monitoreo ambiental fluctuaron entre 6.95 y 10.00 °C. Las variaciones de la temperatura no fueron muy notorias, ya que se obtuvieron coeficientes de variación (CV) menores a 8.13%. Estas bajas temperaturas se presentarían debido a la altitud del ambiente evaluado sobre los 3987 msnm y como un actor climatológico, mantienen valores constantes en los ecosistemas acuáticos de los puntos de muestreo.

Los valores de la temperatura del agua de diversos ecosistemas acuáticos varían según su localización y altitud sobre el nivel del mar. Es así que Espinosa *et al.* (2010), reportó promedios de temperatura de 29.80 °C (estación de lluvia) y 29.53 °C (estación seca) en La Habana (Cuba); asimismo en la misma ciudad, Gonzales *et al.* (2005), en la estación seca y lluviosa, encontró promedios de temperatura de lixiviados de 27.4 y 33.4 °C respectivamente; por otro lado, Laines *et al.* (2008), determinó una temperatura de 26 °C en los lixiviados del Municipio de Teapa (Tabasco – México); en cuanto Martínez (2004), halló temperaturas de 9.40 y 20.90 °C en lixiviados de Mar de Plata (Argentina).

Martínez (2006), indica que la temperatura del agua de un cuerpo acuático, está relacionada con la del aire, lo cual puede ser útil para estimar con cierta anticipación el riesgo de estratificación en los estanques, dado que la

temperatura del agua en un día cualquiera está correlacionada con la media de las temperaturas atmosféricas de los cuatro días precedentes. Por otro lado, Paredes (2013), afirma que la principal fuente de temperatura en un lago o cuerpo acuático se constituye la radiación solar, además de las corrientes de aire y los sedimentos presentes en sus profundidades debido al metabolismo microbiano que liberaría calor, este parámetro puede variar según las estaciones del año y la estratificación termal, además también de la concentración de sedimentos, ya que estos son una fuente importante de aporte de calor absorbido de la radiación solar.

4.1.1.2 Potencial de Hidrogeno (pH)

En el cuadro 2, se presentan los valores del pH en cinco puntos de monitoreo ambiental, los cuales oscilaron entre 6.31 (MA1) y 8.17 (MA5) unidades en el mes de enero y entre 6.20 (MA1) y 8.47 (MA5) unidades en el mes de junio. El pH del agua de los ríos de la sierra en la categoría 4 destinado para la conservación del ambiente acuático, viene estipulado en el Decreto Supremo No. 015-2015-MINAM, e indica que debería fluctuar entre 8.5 y 9.0 unidades, por lo tanto, 4 de los 5 puntos de evaluación (MA2, MA3, MA4 y MA5) están dentro del límite permitido; mientras que el pH del punto MA1 se encuentra por debajo del límite permitido. Por otro lado, los CV mostrados en el mismo cuadro, nos apoya para afirmar que éste parámetro no sufrió alteraciones entre las dos épocas de evaluación (enero y junio 2015).

Según el análisis estadístico realizado, el pH presentó diferencia estadística significativa entre los puntos más cercanos al botadero de Cancharani (MA1

y MA2), los puntos más alejados (MA3, MA4 y MA5) y los puntos de referencia (F=22.857; GL=2,9; P<0.05), siendo menores en los puntos más cercanos que los más alejados y el punto referencial.

Cuadro 2

Potencial de hidrógeno (pH) de cinco puntos de monitoreo ambiental (MA1 a MA5) y un punto de referencia (P-REF) en muestras de agua influenciadas por los lixiviados generados de los residuos sólidos del botadero de Cancharani, en los meses de enero y junio del año 2015.

Meses	Potencial de Hidrogeno (pH) (unidades)						
	MA1	MA2	MA3	MA4	MA5	P-REF	LMP
Enero	6.31	6.52	7.19	8.16	8.17	7.32	6.5 – 9.0
Junio	6.20	6.54	7.80	8.36	8.47	7.74	
Promedio	6.26	6.53	7.50	8.26	8.32	7.53	
D. E.	0.08	0.01	0.43	0.14	0.21	0.30	
C. V. (%)	1.24	0.22	5.75	1.71	2.55	3.94	
N	3	3	3	3	3	3	

Donde: D. E. = desviación estándar; C. V. (%) = coeficiente de variabilidad;

N = número de datos; LMP = Límite máximo permitido.

Entre muchos reportes, Espinosa *et al.* (2010), registró el promedio de pH 7.93 (estación de lluvia) y 8.10 (estación seca); Gonzales *et al.* (2005), en la estación seca y lluviosa, encontró promedios de pH desde 7.09 a 8.35; Laines *et al.* (2008), determinó en los lixiviados valores de pH de 6.8; Primo (2008), reporta valores de pH de 7.49 a 8.35; Méndez (2002), obtuvo el pH 8.4; Martínez (2004), valores de pH 7.02 y 20.9; Álvarez y Suarez (2006), encontró

promedios de 7.54 y 8.35. Todos estos antecedentes fueron similares a los obtenidos en esta investigación; mientras que fueron inferiores a los reportados por Robles *et. al.* (2011), quienes encontraron valores del pH 9.10 en muestras tomadas en un encharcamiento sobre suelo natural formado por agua de lluvia.

Paredes (2013), afirma que la variación del pH, se debe a la concentración de iones H^+ e OH^- , que otorgan acidez o alcalinidad al agua, además éste viene influenciado probablemente también por el fenómeno de la fotosíntesis en la zona trofógena que tiende a provocar una disminución de CO_2 , junto con el aumento de pH debido al movimiento de las aguas, presencia de olas y la presencia de organismos fotosintéticos de la zona, mientras que en la zona trofólítica se genera aumento de CO_2 disminuyendo así el pH del lago, además de otros fenómenos como la fermentación microbiana, nitrificación del amonio y la oxidación de sulfuros que provocan una reducción del pH por la generación de CO_2 .

Según Martínez (2006), la mayoría de los organismos toleran cambios de pH dentro del intervalo de 6 a 9 que normalmente se presenta en ambientes acuáticos. Niveles extremos como condiciones ácidas de 5 y alcalinas de 9, pueden causar mortalidad en más del 50% de fases juveniles de peces, como por ejemplo en el salmón, un pez de similares características que la trucha arco iris. Condiciones ácidas o alcalinas reducen la natación, debido tal vez a la acumulación de amoniaco y la imposibilidad del transporte de oxígeno. Otra repercusión importante de la variación del pH en estanques

de peces, está asociada a los niveles tóxicos del amoníaco (NH_3), que en periodos cortos oscilan entre 0.6 y 2.0 mg/l y para efectos sub letales entre 0.1 a 0.3 mg/l.

Este parámetro también varía según la calidad y composición de los lixiviados, debido a la composición de los residuos sólidos depositada en el relleno, diseño y operación del relleno sanitario (botadero en el caso de ésta investigación), antigüedad del vertedero, los procesos de degradación, las condiciones de manejo del lixiviado, naturaleza del suelo, por las condiciones ambientales y la historia previa al momento de muestreo (Talalaj y Dzienis, 2007). De hecho, las características de los lixiviados varían incluso dentro de un mismo relleno sanitario, dado que pueden coexistir etapas aerobias en los frentes de trabajo de los rellenos, con las fases acidogénicas de las primeras semanas del relleno y con las metanogénicas que siguen a la fase ácida (Méndez *et al.*, 2002).

Existe una relación directa entre el grado de descomposición de los desechos y los lixiviados que se generan (Méndez *et al.*, 2002). Por lo tanto, si se recoge una muestra de los lixiviados durante la fase ácida de la descomposición, el pH será bajo y las concentraciones de DBO_5 , DQO, carbono orgánico total (COT), nutrientes y metales pesados serán altas. Por otro lado, si se recoge una muestra de lixiviados durante la fase de fermentación del metano el pH será mayor de 7 y los valores de las concentraciones de DBO_5 , COT, DQO y nutrientes serán significativamente más bajos. De manera similar, serán más bajas las concentraciones de

metales pesados porque la mayoría de los metales son menos solubles para valores de pH neutros. El pH del lixiviado dependerá no solamente de la concentración de los ácidos que están presentes, sino también de la presión parcial del CO₂ en el gas de vertedero que está en contacto con el lixiviado (Tchobanoglous *et al.*, 1994).

4.1.1.3 Sólidos disueltos totales (SDT)

En el cuadro 3, se presentan los valores de los sólidos disueltos totales en los cinco puntos de monitoreo ambiental, los cuales oscilaron entre 69.30 (MA3) y 2910.00 (MA1) mg/l en el mes de enero y entre 66.70 (MA3) y 8580.00 (MA1) mg/l en el mes de junio. Los sólidos disueltos totales del agua de los ríos de la sierra en la categoría 4 destinado para la conservación del ambiente acuático, no están consignados en el Decreto Supremo No. 015-2015-MINAM, e indica en su lugar los valores de sólidos suspendidos totales, los cuales deberían ser ≤ 100 mg/l.

Cabe indicar que muchos de los cuerpos acuáticos influenciados por los lixiviados del botadero, vienen siendo utilizados para el consumo humano, y según la norma antes mencionada, si una muestra de agua posee un contenido de sólidos disueltos totales (SDT) de 1500 mg/l, se considera como agua que puede ser potabilizada con tratamiento avanzado (A3). Los valores de SDT determinados en las aguas influenciadas por los lixiviados fueron muy elevados en los puntos MA1 (5745.00 mg/l) y MA2 (6590.00 mg/l), y en los puntos MA3, MA4 y MA5, los valores determinados estarían dentro de las

aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (A1) con respecto a éste parámetro.

Cuadro 3

Sólidos disueltos totales en cinco puntos de monitoreo ambiental (MA1 a MA5) y un punto de referencia (P-REF) en muestras de agua influenciadas por los lixiviados generados de los residuos sólidos del botadero de Cancharani, en los meses de enero y junio del año 2015.

Meses	SDT (mg/l)						
	MA1	MA2	MA3	MA4	MA5	P-REF	LMP*
Enero	2910.00	4770.00	69.30	394.56	200.23	162.87	1500.00
Junio	8580.00	8410.00	66.70	198.60	159.90	202.96	1500.00
Promedio	5745.00	6590.00	68.00	296.58	180.07	182.92	
D. E.	4009.30	2573.87	1.84	138.56	28.52	28.35	
C. V. (%)	69.79	39.06	2.70	46.72	15.84	15.50	
n	3	3	3	3	3	3	

Donde: D. E. = desviación estándar; C. V. (%) = coeficiente de variabilidad; N = número de datos; LMP* = Límite máximo permitido de la categoría A – 1 (A3).

Luego de realizar la comparación entre los meses de evaluación, en los puntos de muestreo MA1, MA2 y MA4, presentaron dispersión con valores de CV de 69.79, 39.06 y 46.72% respectivamente. Con estos resultados se afirma que las dos épocas de evaluación (enero y junio), presentaron diferencias estadísticas con respecto al contenido de SDT, esto se debería principalmente a la presencia y carencia de lluvias, ya que en junio debido a la carencia de lluvias, se eleva el contenido de SDT (8580.00 mg/l) debido a

la concentración de sustancias disueltas y suspendidas en ellas; mientras que en el mes de enero (2910.00 mg/l), gracias a la presencia de lluvias, estas sustancias se disuelven en mayores cantidades de agua, disminuyendo el contenido de SDT.

Según el análisis estadístico realizado los valores de SDT presentaron diferencia estadística significativa entre los puntos más cercanos al botadero de Cancharani (MA1 y MA2), los puntos más alejados (MA3, MA4 y MA5) y los puntos de referencia ($F=18.306$; $GL=2,9$; $P<0.05$), siendo menores en los puntos alejados y el de referencia, con respecto a los más cercanos.

La disminución de las concentraciones de los parámetros estudiados en los puntos alejados al botadero municipal de residuos sólidos de Cancharani, pudo ser causada por un proceso de dilución de las mismas, ya que el agua contaminada se mueve siguiendo el flujo de agua subterránea y al entrar en contacto con la que proviene de la precipitación pluvial se mezclan produciéndose este proceso hidroquímico. En tal sentido el agua que subyace al botadero municipal no puede ser empleada como agua de riego a menos que se seleccionen plantas que sean tolerantes a un alto contenido de sales disueltas. Se podría utilizar para regar cualquier tipo de suelo, incluyendo al del propio basurero; sin embargo, no es recomendable hacerlo ya que las concentraciones de sodio se incrementan en la época de recarga (González y Rodríguez, 2006).

Espinosa *et al.* (2010), reportó promedios de sólidos totales disueltos (SDT) de 4652 mg/l (estación de lluvia) y 6202 mg/l (estación seca), en el que el 81% fue material inorgánico; pero Gonzales *et al.* (2005), encontró cifras de 706 a 7770 mg/l. Estos resultados fueron similares a los obtenidos en ésta investigación; por otro lado, fueron inferiores a los reportados por Méndez (2002), quien obtuvo valores de SDT de 12737 mg/l en los lixiviados que evaluó. El término sólidos, hace alusión a la materia suspendida o disuelta en un medio acuoso, la determinación de sólidos disueltos totales mide específicamente el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos) a través de una membrana con poros de 2.0 μm (o más pequeños).

En el caso de los lagos y ríos, los valores de sólidos disueltos presentan una gran variación. De acuerdo con Carranza (2001), las concentraciones de sólidos disueltos totales guardan una correlación positiva con la productividad en lagos y ríos, asimismo un contenido elevado de los sólidos disueltos afecta la penetración de luz en la columna de agua.

Los sólidos disueltos totales presentes en los cuerpos acuáticos aledaños del botadero de Cancharani, según Martínez (2007), procederían del filtrado del agua procedentes de los residuos sólidos en proceso de descomposición, que lixivian soluciones conteniendo materiales biológicos y constituyentes químicos. Los lixiviados contienen contaminantes que pueden ser clasificados en cuatro grupos: materia orgánica disuelta, sustancias inorgánicas, metales pesados y compuestos orgánicos xenobióticos (Selberg

et al., 2005). Los compuestos orgánicos presentes en los lixiviados son proteínas carbohidratos, compuestos hidroxiaromáticos, alcoholes y ácidos grasos volátiles; adicionalmente los lixiviados contienen gran cantidad de nitrógeno amoniacal (Torres *et al.*, 2005).

Los contaminantes orgánicos biodegradables no viajan mucho, al contrario de los orgánicos resistentes e inorgánicos. En algunos casos, la velocidad es tan baja que durante años el impacto no se puede percibir. Esto se debería a que los componentes orgánicos son menos solubles que los inorgánicos. La presencia de elementos inorgánicos disueltos en el lixiviado se puede elevar debido a la disolución de sustancias relativamente insolubles del suelo y otras formaciones geológicas con ayuda de actividad microbiana (Trejo, 1994).

Por otro lado, la formación de ciertos ácidos orgánicos en las etapas de descomposición y presentes en el lixiviado como son los ácidos acético, láctico o fórmico, tienen la capacidad de disolver a los metales incluidos en los residuos, transportándolos en el lixiviado (Kopytynsky, 2001). El movimiento de los metales pesados a través del relleno sanitario se relaciona con la habilidad de interactuar y formar compuestos tanto orgánicos como inorgánicos, así también la movilidad depende de factores como pH, materia orgánica y por cambios químicos del suelo llevados a cabo por la presencia de microorganismos (Kaiser *et al.*, 2000). En general, los metales pesados son removidos mediante reacciones de intercambio iónico que se producen mientras los lixiviados viajan a través del suelo (Tchobanoglous *et al.*, 1994).

4.1.2 Parámetros químicos

4.1.2.1 Fósforo total (FT)

Cuadro 4

Fósforo total (FT) en cinco puntos de monitoreo ambiental (MA1 a MA5) y un punto de referencia (P-REF) en muestras de agua influenciadas por los lixiviados generados de los residuos sólidos del botadero de Cancharani, en los meses de enero y junio del año 2015.

Meses	FT (mg/l)						
	MA1	MA2	MA3	MA4	MA5	P-REF	LMP
Enero	15.43	9.41	3.49	2.14	2.93	1.54	0.05
Junio	34.00	26.00	4.31	6.35	3.28	1.93	
Promedio	24.72	17.71	3.90	4.25	3.11	1.74	
D. E.	13.13	11.73	0.58	2.98	0.25	0.28	
C. V. (%)	53.13	66.26	14.87	70.13	7.97	15.89	
n	3	3	3	3	3	3	

Donde: D. E. = desviación estándar; C. V. (%) = coeficiente de variabilidad;

N = número de datos; LMP = Límite máximo permitido.

En el cuadro 4, se exhiben los valores de fósforo total (FT) en cinco puntos de monitoreo ambiental, los cuales oscilaron entre 2.14 (MA4) y 15.43 (MA1) mg/l en el mes de enero y entre 3.28 (MA5) y 34.00 (MA1) mg/l en el mes de junio. Los valores de FT del agua de los ríos de la sierra en la categoría 4 destinado para la conservación del ambiente acuático, están consignados en el Decreto Supremo No. 015-2015-MINAM, e indica sus valores permitidos en 0.05 mg/l. Los valores de FT determinados en las aguas influenciadas por los lixiviados fueron superiores en los cinco puntos de monitoreo ambiental.

Luego de realizar la comparación de los resultados de FT entre los meses de muestreo, en los puntos de muestreo MA1, MA2 y MA4, presentaron dispersión con valores de CV de 53.13, 66.26 y 70.13% respectivamente. Con estos resultados se afirma que las dos épocas de evaluación (enero y junio), presentaron diferencias estadísticas con respecto al contenido de FT, esto se debería principalmente a la presencia y carencia de lluvias, debido a la concentración de fósforo en el mes de junio (34.00 mg/l) y diluidos en el mes de enero (15.43 mg/l).

Al respecto Polo y Guevara (2000), afirman haber determinado que los parámetros evaluados en su estudio de lixiviados, mostraron concentraciones mayores a principios de la época de lluvia y menores durante el periodo de precipitaciones, por lo que concluyeron que las lluvias producen una mayor dilución y arrastre de estos contaminantes.

Según el análisis estadístico realizado, los valores de fósforo total presentaron diferencia estadística significativa entre los puntos más cercanos al botadero de Cancharani (MA1 y MA2), los puntos más alejados (MA3, MA4 y MA5) y los puntos de referencia ($F=10.543$; $GL=2,9$; $P<0.05$), siendo menores en los puntos de referencia y los más alejados que los más cercanos.

Los resultados de esta investigación fueron superiores a los ECAs modificados, y concuerdan los resultados presentados por Espinosa *et al.* (2010), quienes reportaron promedios de 8.82 mg/l de fósforo total en la

estación de lluvia y de 68.50 mg/l en la estación seca; González *et al.* (2005), determinaron en la estación seca y lluviosa valores de 1.21 a 35.65 mg/l respectivamente y Méndez (2002), obtuvo niveles de fósforo total en 24.74 mg/l en el relleno sanitario de la ciudad de Mérida (México); pero inferiores a los reportados por Laines *et al.* (2008), quienes analizaron el fósforo total en 0.82 mg/l en Tabasco.

Según Marín (2006), el fósforo es un factor limitante para el crecimiento de fitoplancton, sin embargo, si el contenido de fósforo en un medio hídrico es muy alto se produce un notable incremento de la actividad fitoplanctónica, con los consiguientes problemas de agotamiento de oxígeno del agua y exceso de materia orgánica producida, los cuales dan lugar a fenómenos conocidos bajo el nombre de “eutrofización”. Sierra (2011), afirma que el fósforo es esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos, debido a que en las aguas superficiales ocurren nocivas proliferaciones incontroladas de algas, actualmente existe mucho interés en limitar la cantidad de fósforo que alcanzan las aguas superficiales por medios de vertimientos de aguas residuales, industriales y por escorrentía.

4.1.2.2 Nitrógeno amoniacal

En el cuadro 5, se demuestran los valores del nitrógeno amoniacal en los cinco puntos de monitoreo ambiental, los cuales oscilaron entre 0.23 (MA3) y 11.00 (MA1) mg/l en el mes de enero y entre 0.47 (MA3) y 25.00 (MA1) mg/l en el mes de junio. El contenido de nitrógeno amoniacal del agua de los ríos de la sierra en la categoría 4 destinado para la conservación del ambiente acuático,

están consignados en el Decreto Supremo No. 015-2015-MINAM, e indica sus valores permitidos en 1.90 mg/l. Los valores de nitrógeno amoniacal determinados en las aguas influenciadas por los lixiviados fueron superiores en los puntos MA1 y MA2 de ambos meses de muestreo, e inferiores en los restantes puntos (MA3, MA4 y MA5).

Luego de realizar la comparación entre los meses de evaluación, en todos los puntos de muestreo (MA1 a MA5), presentaron dispersión con valores de CV que oscilaron entre 48.16% en el punto MA5 y 74.15% en el punto MA2. Con estos resultados se afirma que las dos épocas de evaluación (enero y junio), presentaron diferencias estadísticas con respecto al contenido de nitrógeno amoniacal, esto se debería principalmente a la presencia y carencia de lluvias, donde los mayores promedios de nitrógeno amoniacal se presentaron en el mes de junio.

Según el análisis estadístico realizado, los valores de fósforo total presentaron diferencia estadística significativa entre los puntos más cercanos al botadero de Cancharani (MA1 y MA2), los puntos más alejados (MA3, MA4 y MA5) y los puntos de referencia ($F=13.321$; $GL=2,9$; $P<0.05$), siendo menores en los puntos de referencia y alejados que los más cercanos, lo cual significa que en las proximidades del botadero de residuos sólidos de Cancharani, los niveles de fósforo son altamente concentrados y a medida que discurren por las fuentes de aguas o tributarios cercanos a botadero, éstos disminuyen.

Cuadro 5

Nitrógeno amoniacal en cinco puntos de monitoreo ambiental (MA1 a MA5) y un punto de referencia (P-REF) en muestras de agua influenciadas por los lixiviados generados de los residuos sólidos del botadero de Cancharani, en los meses de enero y junio del año 2015.

Meses	Nitrógeno amoniacal (mg/l)						
	MA1	MA2	MA3	MA4	MA5	P-REF	LMP
Enero	11.10	7.00	0.23	0.31	0.61	0.21	1.90
Junio	25.00	22.43	0.47	0.72	1.24	0.18	
Promedio	18.05	14.72	0.35	0.52	0.93	0.20	
D. E.	9.83	10.91	0.17	0.29	0.45	0.02	
C. V. (%)	54.45	74.15	48.49	56.29	48.16	10.88	
n	3	3	3	3	3	3	

Donde: D. E. = desviación estándar; C. V. (%) = coeficiente de variabilidad; N = número de datos; LMP = Límite máximo permitido.

De acuerdo a los valores del nitrógeno amoniacal obtenidos en esta investigación, éstos fueron inferiores a los reportados por Espinosa *et al.* (2010), quienes presentaron valores nitrógeno amoniacal de 50.54 mg/l en estación de lluvia y de 104.69 mg/l en la estación seca; pero Álvarez y Suarez (2006), encontraron concentraciones de nitrógeno amoniacal de 809.25 y 937 mg/l en los lixiviados del relleno sanitario de El Guayabal de la ciudad de San José de Cúcuta – Colombia.

El nitrógeno es incorporado a las aguas por las descargas residuales domésticas e industriales, por arrastre de los suelos fertilizados con abonos nitrogenados, lo cual provoca la eutroficación de lagos y embalses (Charles,

1983). Por otro lado, las descargas de nitrógeno amoniacal en las aguas receptoras puede resultar tóxica para las especies acuáticas presentes en ellas, por esta razón se afirma que para poder evaluar la toxicidad de una sustancia, es necesario distinguir entre aquellas que ponen en peligro a humanos y animales, es decir afectando su salud y los que alteran primordialmente la estructura y organización de un ecosistema acuático.

La bioacumulación o biomagnificación puede ser controlada hasta cierto límite mediante la absorción por la biota, esto es, repartición entre el agua y los organismos que utilizan dicho elemento (nitrógeno), como nutriente para su proliferación como es el caso del proceso de fijación del nitrógeno donde una enorme cantidad de este proveniente tanto del aire como del agua, se convierte en compuestos de nitrógeno donde una amplia variedad de bacterias aeróbicas y anaerobias incluyendo algunas especies de algas como las de color verde azulado o Cianophytas son capaces de fijarlo tomándolo del agua, con el objetivo de obtener las proteínas necesarias para su crecimiento (Berti y Ramírez, 2001).

4.1.2.3 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

En el cuadro 6, se muestran los valores de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en los cinco puntos de monitoreo ambiental, los cuales oscilaron entre 20.57 (MA5) y 2578.92 (MA1) mg/l en el mes de enero y entre 28.28 (MA5) y 4171.18 (MA1) mg/l en el mes de junio. Los valores de DBO₅ del agua de los ríos de la sierra en la categoría 4 destinado para la conservación del ambiente acuático, no están consignados en el Decreto Supremo No.

015-2015-MINAM, pero si consigna valores permitidos en 10 mg/l para aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado. Muchos de los cuerpos acuáticos cercanos al botadero de residuos sólidos de Cancharani, son utilizados para el consumo humano, y según la norma antes mencionada, estas aguas no pueden ser utilizadas para el consumo humano, ya que superan ampliamente los límites máximos permitidos.

Cuadro 6

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en cinco puntos de monitoreo ambiental (MA1 a MA5) y un punto de referencia (P-REF) en muestras de agua influenciadas por los lixiviados generados de los residuos sólidos del botadero de Cancharani, en los meses de enero y junio del año 2015.

Meses	DBO ₅ (mg/l)						
	MA1	MA2	MA3	MA4	MA5	P-REF	LMP
Enero	2578.92	1680.53	45.95	53.10	20.57	12.43	10.00
Junio	4171.43	2597.15	44.93	78.21	28.28	20.54	10.00
Promedio	3375.18	2138.84	45.44	65.66	24.43	16.49	
D. E.	1126.07	648.15	0.72	17.76	5.45	5.73	
C. V. (%)	33.36	30.30	1.59	27.04	22.32	34.79	
n	3	3	3	3	3	3	

Donde: D. E. = desviación estándar; C. V. (%) = coeficiente de variabilidad; N = número de datos; LMP = Límite máximo permitido de la categoría A – 1 (A3).

Luego de realizar la comparación de los valores de DBO₅ entre los meses de evaluación, en los puntos de muestreo MA1, MA2, MA4 y MA5 presentaron una dispersión leve con valores de CV de 33.36, 30.30, 27.04 y 22.32%

respectivamente; mientras que en el punto MA3 no se observó diferencia similar, esto se debería principalmente a la presencia y carencia de lluvias, ya que en junio debido a la carencia de lluvias.

Según el análisis estadístico realizado, los valores de pH determinados presentan diferencia estadística significativa entre los puntos más cercanos al botadero de Cancharani (MA1 y MA2), los puntos más alejados (MA3, MA4 y MA5) y los puntos de referencia ($F=27.564$; $GL=2,9$; $P<0.05$), siendo menores en los puntos de referencia y los alejados frente a los más cercanos.

La DBO es el parámetro más usado para medir la calidad de aguas residuales y superficiales, para determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, para diseñar unidades de tratamiento biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras. La mayor parte de las aguas usadas para acueductos contiene DBO estándar menor de 7 mg/L.

Espinoza *et al.* (2010), reportan que los lixiviados generados por los vertederos de residuos sólidos municipales de la ciudad de La Habana (Cuba), poseen DBO de 776 a 902 mg/l, indicando la presencia de grandes cantidades de materia orgánica, estos resultados fueron inferiores a los obtenidos en esta investigación, lo que concuerda con la ausencia de sistemas de recogida clasificada en el origen de los residuos sólidos urbanos en la ciudad, tal como sucede hasta el día de hoy en la ciudad de Puno, ya

que no se cuenta con sesiones de educación ambiental a la población con la finalidad de que clasifiquen sus residuos según su composición química.

En un vertedero ocurre una secuencia compleja de eventos físicos, químicos y biológicos, como consecuencia de estos procesos, los residuos son degradados o transformados. A medida que el agua percola a través del vertedero, los contaminantes presentes en los residuos sólidos van disolviéndose. Los mecanismos de remoción de contaminantes incluyen la lixiviación de materiales inherentemente solubles, de productos solubles de la biodegradación de moléculas orgánicas complejas y productos solubles de las reacciones químicas, así como del lavado de partículas finas y coloides. La degradación de los residuos puede dividirse en tres etapas: aeróbica, acidogénica y metanogénica, tal como lo afirma Barlaz *et al.* (2002).

Nájera *et al.* (2009), reportan los resultados de caracterización de lixiviados de una zona clausurada en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez (Chiapas – México), valores de DBO de 3434 mg/l, así como 927 mg/l para los años 2006 y 2008, respectivamente. Estos resultados fueron superados por los valores presentados en esta investigación. Las diferencias en cargas orgánicas se atribuyen probablemente a una mezcla de lixiviados jóvenes con viejos, considerando que un lugar tiene un inicio de operaciones en diferentes años. Por otro lado, Aziz *et al.* (2007), lo catalogan como poco biodegradable con la presencia de materiales orgánicos recalcitrantes que son parcialmente estables y biológicamente resistentes, procedentes de los residuos sólidos producidos por las ciudades.

4.1.2.4 Demanda química de Oxígeno (DQO)

Cuadro 7

Demanda química de oxígeno (DQO) en cinco puntos de monitoreo ambiental (MA1 a MA5) y un punto de referencia (P-REF) en muestras de agua influenciadas por los lixiviados generados de los residuos sólidos del botadero de Cancharani, en los meses de enero y junio del año 2015.

Meses	DQO (mg/l)						
	MA1	MA2	MA3	MA4	MA5	P-REF	LMP*
Enero	5518.88	3781.20	109.83	130.65	51.63	31.80	30.00
Junio	8760.00	5480.00	112.32	195.52	70.72	72.82	
Promedio	7139.44	4630.60	111.08	163.09	61.18	52.31	
D. E.	2291.82	1201.23	1.76	45.87	13.50	29.01	
C. V. (%)	32.10	25.94	1.59	28.13	22.07	55.45	
n	3	3	3	3	3	3	

Donde: D. E. = desviación estándar; C. V. (%) = coeficiente de variabilidad; N = número de datos; LMP* = Límite máximo permitido de la categoría A – 1 (A3).

En el cuadro 7, se muestran los valores de demanda química de oxígeno (DQO₅) en los cinco puntos de monitoreo ambiental, los cuales oscilaron entre 51.53 (MA5) y 5518.88 (MA1) mg/l en el mes de enero y entre 70.72 (MA5) y 8760.00 (MA1) mg/l en el mes de junio. Los valores de DQO en agua de los ríos de la sierra en la categoría 4 destinado para la conservación del ambiente acuático, no están consignados en el Decreto Supremo No. 015-2015-MINAM, que tan solo indican valores de DBO, en tal sentido consideramos como referencia los valores de DQO en agua que puede ser potabilizada con tratamiento avanzado (A3) con un valor permitido de 30 mg/l. Los valores de

DQO de los puntos MA1, MA2 y MA4 fueron superiores a los mencionados en la norma legal, mientras que en los puntos MA3 y MA5, los valores de DQO estuvieron por debajo de los valores permitidos, por lo tanto, estas últimas podrían ser utilizadas para el consumo humano previos procesos de potabilización.

Luego de realizar la comparación de los valores de DQO entre los meses de evaluación, en los puntos de muestreo MA1, MA2, MA4 y MA5 presentaron una dispersión leve con valores de CV de 32.10, 25.94, 28.13 y 22.07% respectivamente; mientras que en el punto MA3, no determinó el CV más bajo. Con estos resultados se afirma que las dos épocas de evaluación (enero y junio), presentaron diferencias estadísticas con respecto a los valores de DQO, esto se debería principalmente a la presencia y carencia de lluvias, ya que en junio debido a la carencia de lluvias.

Según el análisis estadístico realizado, la DQO presentó diferencia estadística significativa entre los puntos más cercanos al botadero de Cancharani (MA1 y MA2), los puntos más alejados (MA3, MA4 y MA5) y los puntos de referencia ($F=30.919$; $GL=2,9$; $P<0.05$), siendo menores en los puntos de referencia y alejados frente a los más cercanos.

Nájera *et al.* (2009), reporta los resultados de caracterización de lixiviados de una zona clausurada en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez (Chiapas – México), mencionan valores de DQO de 21424 así como 6178 mg/l para los años 2006 y 2008, respectivamente. Estos resultados fueron superiores a los reportados

en esta investigación. La demanda química de oxígeno se usa para medir el oxígeno equivalente para oxidar la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente oxidante fuerte, en un medio ácido y a alta temperatura. Los altos valores de DQO se deberían probablemente a las bajas temperaturas de la zona de estudio, y la carencia de agua en los meses de junio, los cuales incrementan estos valores.

Polo y Guevara (2000), al evaluar la contaminación de los acuíferos por efecto de los lixiviados, determinaron que la DQO osciló desde <1 y 54 mg/l en los pozos ubicados dentro del vertedero, asimismo afirmaron que las altas variaciones se deban a las diferentes fechas de muestreo. Estos resultados fueron inferiores a los reportados en esta investigación. Asimismo, la DQO es útil como parámetro de concentración orgánica en aguas residuales industriales o municipales tóxicas a la vida biológica (Romero, 2004).

Los lixiviados de un relleno sanitario joven contienen altas concentraciones de DQO, DBO_5 y el potencial óxido – reducción es bajo; mientras que un lixiviado antiguo se caracteriza por presentar altas concentraciones de DQO una baja concentración de DBO_5 , y un potencial óxido – reducción alto (Wang *et al.*, 2003).

En cuanto a los contaminantes biológicos, la concentración de microorganismos patógenos es mayor en un lixiviado joven que en uno antiguo. La biodegradabilidad del lixiviado variará con el tiempo. Se pueden supervisar los cambios en la biodegradabilidad del lixiviado mediante el

control de la relación DBO_5/DQO principalmente. Inicialmente, las relaciones estarán en el rango de 0.5 o más. Las relaciones en el rango de 0.4 a 0.6 se toman como un indicador de que la materia orgánica en los lixiviados es fácilmente biodegradable. En los vertederos antiguos, la relación DBO_5/DQO está a menudo en el rango de 0.05 a 0.2. La relación cae porque los lixiviados procedentes de vertederos antiguos normalmente contienen ácidos húmicos y fúlvicos, que no son fácilmente biodegradables (Collazos y Gómez, 2005).

Por todo lo analizado hasta este objetivo, aceptamos la hipótesis planteada, el cual afirma que la inadecuada disposición de los residuos sólidos en el botadero de Cancharani influyen sobre la calidad físico química del agua.

4.2 EFECTOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LA SALUD PÚBLICA DE LA POBLACION DE LA ZONA PERIFERICA DEL BOTADERO DE CANCHARANI – PUNO.

Durante la ejecución de la investigación, los habitantes encuestados que viven en alrededores del botadero de residuos sólidos de Cancharani, presentaron las siguientes características: según la edad, 10 personas presentaron entre 15 y 24 años, 15 personas entre 25 y 34 años, 20 personas entre 35 y 54 años y 5 entre 55 a más años de edad; por otro lado, según el nivel de instrucción, 10 encuestados no poseían estudios, 23 encuestados solo primaria completa, 13 encuestados secundaria completa y 4 encuestados con estudios superiores; y ninguno presentó los servicios básicos tales como agua potable y desagüe. Seguidamente se representan en cuadros de doble entrada, los

resultados acerca de la percepción de la salud en la población afectada por los residuos sólidos:

4.2.1 Determinación de afecciones neurológicas

Cuadro 8

Frecuencia de afecciones neurológicas en pobladores cercanos a botadero de Cancharani, en el mes de junio del año 2015.

Afecciones neurológicas	Respuestas a encuesta					
	Si	%	No	%	Total	%
Dolores de cabeza	45	90.00	5	10.00	50	100.00
Nerviosismo	8	16.00	42	84.00	50	100.00
Irritación	10	20.00	40	80.00	50	100.00
Insomnio	6	12.00	44	88.00	50	100.00

En el cuadro 8, se visualiza las dolencias neurológicas que sufren los habitantes de los alrededores del botadero municipal de residuos sólidos de Cancharani. El 90% (45 personas) de los encuestados indicaron haber padecido dolores de cabeza, el 16% (8 personas), presentaron nerviosismo, un 20% (10 personas) padecieron irritación y un 12% (6 personas) sufren de procesos de insomnio.

Los efectos neurológicos, en principio pueden aparecer por daño tóxico a nivel central, pero también se ha descrito el daño a nivel periférico. El contaminante más representativo de neurotoxicidad a nivel central es el plomo, que por diversos mecanismos ocasiona déficits en el aprendizaje ATSDR (1993). Lo trascendente de este efecto es que ocurre a concentraciones relativamente

bajas, lo cual además resulta relevante por el hecho de que el plomo es uno de los principales contaminantes de estos sitios peligrosos.

Según estudios efectuados en comunidades vecinas a residuos sólidos en California, algunos síntomas como dolor de cabeza, náusea, irritación de ojos e irritación de vías respiratorias superiores, correlacionaron con la percepción de olores provenientes de los residuos sólidos y con el nivel de preocupación por vivir cerca de ellos (Shusterman *et al.*, 1991). Es decir, el estrés, puede ser suficiente para generar condiciones de salud que realmente pueden llegar a un cuadro de enfermedad.

Los gases emitidos en la quema de residuos sólidos que algunas veces realizan en el botadero de residuos sólidos pueden contener muchas sustancias potencialmente peligrosas para la salud humana, incluyendo dióxido de carbono, materia particulada, óxidos de nitrógeno y azufre, monóxido de carbono, gases ácidos, compuestos clorados volátiles y aromáticos policíclicos. Algunas sustancias se forman parcialmente durante la combustión incompleta, pudiendo generar otros contaminantes como las dioxinas y los furanos. Todas estas sustancias emitidas al aire, probablemente sean las causantes de los procesos neurológicos que padecen las personas encuestadas (Ortega *et al.*, 2001).

Cuando se considera la variable distancia al botadero municipal de residuos sólidos, para las personas ubicadas a una distancia de 3.58 Km del botadero la contaminación del aire es bastante importante, al igual que para la gente

cuyo lugar de residencia está ubicada a 2.7 Km de distancia. Para los residentes ubicados en otras distancias el nivel de preocupación no es significativo. Otros hallazgos no concuerdan con lo reportado en esta investigación, que muestran como la gente que vive en un radio de influencia de 3000 m al sitio de disposición final, se consideraba no afectada y poco preocupada por su cercanía (Valencia *et al.*, 2011).

La coincidencia entre los que están “cerca” y “lejos” del botadero, podría explicarse con datos de monitoreo en el que se indiquen los niveles y desplazamientos de gases contaminantes en la atmósfera. Por otro lado, los adultos mayores tienden a identificar esta contaminación de manera más significativa que los jóvenes entre 18 – 25, para quienes es prácticamente indiferente, debido a que cada individuo o sociedad percibe y valora de diferente manera las manifestaciones, efectos y consecuencias de los riesgos. Al parecer los más jóvenes tienen poco conocimiento acumulado sobre riesgo ambiental y por lo tanto tienden a desestimarlos, situación que debe ser investigada con mayor profundidad, mientras que los adultos se preocupan más por los riesgos que puedan afectar de manera directa o indirecta el bienestar de su familia o la comunidad.

Las concentraciones de metales tales como el manganeso y el aluminio presentes en los lixiviados, sobrepasan los rangos establecidos en la normatividad venezolana (aguas tipo 1A y 2A del Decreto 883). Estos elementos metálicos en altas concentraciones (aluminio y manganeso), tendrían relación con la producción de enfermedades tales como el mal de

Alzheimer y la locura - manganésica, las cuales generan daños irreversibles en las células del cerebro (Polo y Guevara, 2000), tal como se observa en la presente investigación. Según éste mismo autor, la presencia de plaguicidas organoclorados en el agua subterránea, deberían de ser evaluados con mayor atención, ya que la predicción del traslado de estas sustancias se complica aún más por ser compuestos orgánicos que se caracterizan por su escasa solubilidad en agua y la exposición de los individuos a estas sustancias causan efectos adversos en su salud.

4.2.2 Determinación de afecciones en la piel

En el cuadro 9, se visualiza las dolencias en la piel que sufren los habitantes de los alrededores del botadero municipal de residuos sólidos de Cancharani. El 52% (26 personas) de los encuestados indicaron haber padecido procesos dérmicos. Un botadero abierto facilita el acceso a los desechos por parte de animales domésticos y, subsecuentemente, la potencial diseminación de enfermedades y contaminantes químicos a través de la cadena alimenticia.

El polvo llevado desde un botadero abierto por el viento, puede portar agentes patógenos y materiales peligrosos, los cuales podrían originar infecciones a la piel como en los casos encuestados en los habitantes que viven en alrededores del botadero. Los gases generados durante la biodegradación en un botadero abierto (y en menor grado, en un relleno sanitario) puede incluir gases orgánicos volátiles, tóxicos y potencialmente cancerígenos como la bencina y cloruro vinílico, así como subproductos típicos de la biodegradación como el metano, sulfuro de hidrógeno, y bióxido de carbono. El humo

generado de la quema de basura en botaderos abiertos constituye un importante irritante respiratorio y puede hacer que las poblaciones afectadas tengan mucha más susceptibilidad a las enfermedades respiratorias.

Cuadro 9

Frecuencia de afecciones dermatológicas en pobladores cercanos a botadero de Cancharani, en el mes de junio del año 2015.

Afección dérmica	Respuestas a encuesta					
	Si	%	No	%	Total	%
Piel	26	52.00	24	48.00	50	100.00

Las relaciones existentes entre las enfermedades y la exposición a la contaminación no son sencillas ni se conocen con exactitud. No obstante pruebas abundantes de que en general, las concentraciones elevadas de contaminantes en el aire son peligrosas para los seres humanos. Los efectos que producen sobre la salud se ponen claramente de manifiesto, por el aumento de enfermedades respiratorias e infecciones a la piel, sobre todo en las personas de edad avanzada, niños, niñas o en individuos más sensibles por cualquier razón. Más difíciles de discernir son los efectos que, a largo plazo, pueden producir las exposiciones episódicas a elevadas concentraciones medias y bajas de contaminantes.

Se ha comprobado la relación existente entre la contaminación atmosférica, producida por partículas en suspensión y gases tóxicos, y la aparición de bronquitis crónicas caracterizadas por la producción de flemas, la

exacerbación de catarrros y dificultades respiratorias tanto en los hombres como en las mujeres adultas. Además de infecciones a la piel con un diagnóstico desconocido, muchos casos de micosis e infecciones de heridas podrían darse en personas que habitan cerca de los botaderos, debido a la presencia de animales como los perros, que serían los transmisores.

Las enfermedades de la piel, de los dientes y de los ojos son relativamente frecuentes; las enfermedades de la piel y las cortaduras tienen relación, principalmente, con la manipulación de residuos sólidos sin ninguna protección. La patología oral, tan frecuente en la mayoría de los colombianos, lo es también en este grupo de población para el cual la oferta de servicios de promoción, prevención, tratamiento y rehabilitación es muy escasa. Como sucede con la mayoría de los problemas diarreicos, sus factores de riesgo tienen relación tanto con la forma de vida como con las condiciones de trabajo: manipulación de basuras, falta de acceso a servicios de aseo y las condiciones en que se consumen los alimentos.

4.2.3 Determinación de afecciones en la visión

Cuadro 10

Frecuencia de afecciones en la visión en pobladores cercanos a botadero de Cancharani, en el mes de junio del año 2015.

Afección oculares	Respuestas a encuesta					
	Si	%	No	%	Total	%
Conjuntivitis	14	28.00	36	72.00	50	100.00

En el cuadro 10, se representa las afecciones oculares que sufren los habitantes de los alrededores del botadero municipal de residuos sólidos de Cancharani. El 28.00% (14 personas) de los encuestados afirmaron haber padecido procesos oculares. El aire transporta millones de microorganismos desde los residuos sólidos, que muchas veces procede de los hospitales y otros establecimientos de salud el cual tratan infecciones, estos aspectos favorecen las enfermedades de tipo respiratoria a las que se agregan la presencia de partículas de plomo, dióxido de carbono y demás componentes de la descomposición orgánica antes mencionada, favoreciendo el desarrollo de rinitis, conjuntivitis, sinusitis y traqueo bronquitis.

La superficie de la tierra (suelo y agua) es la fuente de los microorganismos en la atmósfera. El viento forma polvo del suelo y estas partículas de polvo transportan los microorganismos del suelo al aire. Además, las gotas de agua que se originan en la superficie, pueden contener microorganismos que penetran en la atmósfera. Las esporas de hongos constituyen la mayor proporción de microorganismos en el aire. El tiempo de permanencia de los microorganismos en el aire depende de la forma, tamaño, peso del microorganismo y la existencia de la potencia de las corrientes aéreas que lo sostenga y lo eleve. Son factores adversos los obstáculos que, al oponerse a los vientos, disminuyen su velocidad y su potencia de arrastre, y las precipitaciones, que arrastran al suelo las partículas suspendidas (De la Rosa *et al.*, 2002).

A menudo, tanto las esporas como los microorganismos vegetativos entran en la atmósfera como bioaerosoles, que pueden formarse por muchas causas: lluvia, movimiento del agua en los ríos y mar, tratamiento de aguas residuales, aspersores de riego, aire acondicionado o secreciones respiratorias del hombre y de los animales. Los microorganismos también pueden encontrarse en el aire sobre partículas de polvo o en el suelo. La mayoría de los microorganismos soportan un corto desplazamiento (pocos milímetros), muy pocos resisten largas distancias debido a la hostilidad del hábitat y según reportes, se pueden encontrar gran variedad de esporas de hongos donde los más comunes son *Cladosporium* y *Penicillium* (Atlas y Bartha, 2002).

4.2.4 Determinación de afecciones digestivas

En el cuadro 11, se representan las afecciones digestivas que sufren los habitantes de los alrededores del botadero municipal de residuos sólidos de Cancharani. El 36.00% (18 personas) de los encuestados afirmaron haber padecido enfermedades diarreicas, el 32.00% (16 personas) presentaron náuseas y un 38.00% (38 personas) padecen de gastritis. La presencia de coliformes totales y fecales, debe ser considerada con mucha atención, ya que el agua puede ser vehículo de diversas enfermedades, por lo que se recomienda controlar el consumo de agua de pozos que se encuentren aguas abajo del botadero (Polo y Guevara, 2000).

Cuadro 11

Frecuencia de afecciones digestivas en pobladores cercanos a botadero de Cancharani, en el mes de junio del año 2015.

Afecciones gastrointestinales	Respuestas a encuesta					
	Si	%	No	%	Total	%
Diarreas	18	36.00	32	64.00	50	100.00
Náuseas	16	32.00	34	68.00	50	100.00
Gastritis	38	76.00	12	24.00	50	100.00

Los principales daños a la salud provocados por la mala disposición de los residuos sólidos, es debido fundamentalmente al aumento de los posibles criaderos de vectores que transmiten enfermedades, como las moscas (latas, botellas, materia orgánica en descomposición y otros al aire libre). Otra enfermedad, es el parasitismo intestinal, consecuencia del fecalismo al aire libre al no existir sistema de alcantarillado, fosas suficientes y letrinas con condiciones adecuadas; esto favorece la proliferación de vectores y roedores, los cuales transmiten en sus patas gérmenes y parásitos que son ingeridos por las personas en los alimentos y el agua de tomar.

El cultivo de tubérculos con aguas procedentes de tributarios con influencia de los lixiviados, provoca las enfermedades diarreicas agudas y consigo el parasitismo intestinal, también otro factor es la presencia de micro vertederos, lo que provoca que la acumulación de basuras a veces por más de 15 días estimule el aumento de dichos vectores (insectos como las moscas) y animales como perros, gatos, entre otros, que transmiten la enfermedad.

La presencia de corrientes de aire (viento) presentes en la zona del botadero y los alrededores, hace que el polvo llevado desde un botadero abierto, pueda portar agentes patógenos y materiales peligrosos que junto con el humo generado de la quema de los residuos sólidos en estos botaderos constituye un importante irritante respiratorio y puede hacer que las poblaciones afectadas tengan mucha más susceptibilidad a las enfermedades respiratorias (García *et al.*, 2007).

Según observación realizada *in situ*, en el botadero de Cancharani, los daños al medio ambiente están provocados por la disposición no apropiada de residuos producidas por el vertimiento de residuos sólidos a ríos y arroyos, lo cual están provocando la contaminación de los cursos superficiales y subterráneos de agua, además, de contaminar la población que habita en estos medios, otras especies y los ecosistemas. Los residuos sólidos abandonados en los botaderos a cielo abierto deterioran la calidad del aire que se respira en el lugar y alrededores, tanto localmente como en los alrededores, a causa de las quemas y los humos, y del polvo que levanta el viento en los períodos secos, provoca que se transporte a otros lugares microorganismos nocivos que producen infecciones respiratorias, irritaciones nasales y de los ojos, a esto le sumamos las molestias que dan los malos olores (Escalona, 2014).

Muchas de las afecciones mencionadas en esta investigación tiene como agente etiológico a los microorganismos. Es importante considerar la presencia de microorganismos patógenos en los rellenos sanitarios, debido a

la probable presencia de desechos humanos y cadáveres de animales que son eliminados en éstos sitios, por lo que también pueden estar presentes en los lixiviados. Los contaminantes bacteriológicos se pueden filtrar después de varios metros de viaje a través del suelo (Watanabe *et al.*, 2002), siendo de esta manera focos de proliferación de vectores de enfermedades debido a la probable dispersión de microorganismos en el entorno de los rellenos sanitarios (Martínez, 2007).

En un estudio de contaminación de acuíferos por efecto de los lixiviados realizado en el vertedero de desechos sólidos “La Guasita” en el estado Carabobo en Venezuela, se concluye que probablemente los contaminantes provenientes de los lixiviados del vertedero se movilizan hacia las aguas subterráneas en el área de influencia (Polo y Guevara, 2000). Otros estudios como de Talalaj y Dzienis (2007); Harris *et al.* (2006) y Tian *et al.* (2005), muestran la misma problemática de migración de lixiviados contaminando aguas subterráneas y/o superficiales.

La migración de lixiviados, además de ocasionar problemas de contaminación y daños a la salud, también acarrea problemas económicos (Martínez, 2007). Por otro lado, Mendelson (1991) mide los daños debidos a residuos peligrosos por medio de modelos panel, entre otros; de todos ellos se concluye que el cálculo de los problemas económicos se inicia desde el momento en que ocurre el evento de contaminación, hasta que ocurre la recuperación total (Noriega y Bremer, 2001).

Luego de todo lo analizado en las encuestas realizadas a las personas que habitan en las proximidades del botadero de residuos sólidos de Cancharani, se acepta la hipótesis planteada, en el que la mala disposición de residuos sólidos causa una percepción negativa en la salud de la población de la zona de Cancharani - Puno.

CONCLUSIONES

- Las muestras de las fuentes de agua presentes en los alrededores del botadero de Cancharani, son contaminadas por los lixiviados procedentes de los residuos sólidos, ya que no concuerdan con los valores emanados de calidad de agua para la conservación de los ambientes acuáticos (D. S. 015-2015-MINAM, categoría 4), debido a que el contenido de sólidos disueltos totales, las cifras de fósforo total, los valores de nitrógeno amoniacal, la DBO₅ y la DQO, resultaron con valores superiores a los límites máximos permisibles.
- La población que habita en la zona periférica al botadero de Cancharani, posee una apreciación negativa de su presencia en esta zona, debido a que los habitantes encuestados sufren afecciones, que se deberían a la presencia de los residuos sólidos.

RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de calidad físico química y microbiológicos, tomando en cuenta la cuantificación de coliformes fecales y termotolerantes de los tributarios influenciados por los lixiviados según los parámetros emanados en el Decreto Supremo No. 015-2015-MINAM, ya que en diciembre último presentó modificatorias.
- A las autoridades municipales y regionales, la pronta construcción de un relleno sanitario, como disposición final de los residuos sólidos producidos por la ciudad de Puno, así como los programas de manejo y clasificación.
- A las autoridades de salud (DIGESA), realizar campañas de salud para la atención de las enfermedades que aqueja la población de las comunidades de la región Puno, producto de diferentes formas de contaminación como lo son la presencia de residuos sólidos.

BIBLIOGRAFÍA

- Acurio, G., Rossini, A., Texeira P. y Zepeda F. (1997). *Clasificación de Residuos Sólidos México Publicación conjunta del Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana de la Salud*. Washington, D.C. Julio de 1997 N° ENV. 97 – 107.
- Álvarez, C. y Suarez, J. (2006). *Tratamiento Biológico del Lixiviado generado en el Relleno Sanitario “El Guayabal” de la Ciudad San José de Cucuta*. Ingeniería & desarrollo Universidad del Norte. 20: 95 – 105. Julio – Diciembre.
- APHA, American Public Health Association. (2005). *Standards Methods for Examination of Water and Waste Water*. 21th edition. Washington D. C.
- Atlas, R. y Bartha R. (2002). *Ecología microbiana y microbiología ambiental*. Pearson Educación, Madrid.
- ATSDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (1993) *Toxicological Profile for Lead*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. US Department of Health & Human Services. Atlanta, Georgia.
- Aziz, H., Alias S., Assari F. y Adlan M. (2007). *The use of alum, ferric chloride and ferrous sulphate as coagulants in removing suspended solids, color and COD from semiaerobic landfill leachate at controlled pH*. Waste Management & Research. Vol. 25: 556 – 565.
- Barlaz, M., Rooker A., Kjeldsen P., Gabr M. y Borden R. (2002). *Critical evaluation of factors required to terminate the postclosure monitoring period at solid waste landfills*. Env. Sci. Tech. Vol. 36: 3457 – 3464.

- Bautista, C. (1998). *Residuos: Guía técnico jurídica*. Editorial Mundi Prensa. España, Madrid.
- Bel, G. (2005). *Un análisis de los gastos municipales por el servicio de residuos sólidos urbanos*. Revista de Economía Aplicada, Volumen XIII, número 38, pp. 1-28
- Berti, M. y Ramirez, E. (2001). *Evaluación de la Fase de Arranque de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales*. (Tesis de Grado). Facultad de Ingeniería. Universidad del Zulia. Venezuela.
- Carranza, R. (2001). *Medio ambiente. Problemas y soluciones*. Primera Edición. Editorial Universidad Nacional del Callao. Callao – Perú. 201 p.
- Carrillo, M. y Salinas A. (1988). *Manual de laboratorio de análisis químico cuantitativo*. Arequipa – Perú: Universidad Santa María.
- CEPIS, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2002). *Diagnóstico de la situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe*: Marzo-Abril; 3(83); 83-87.
- CEPIS/OPS/OMS, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Organización Panamericana de la Salud y la Organización Panamericana de la Salud. (2002). *Guía para el Manejo de Residuos Sólidos en Ciudades pequeñas y zonas rurales*.
- Charles, M. (1993). *Remoción de los Compuestos Nitrogenados en un Sistema Piloto de Estabilización*. (Tesis de Grado). Facultad de Ingeniería. División de Postgrado. Universidad del Zulia. Venezuela.
- CIIMSA, Comité Interinstitucional del Mejoramiento de la Salud Ambiental Puno. (2004). *Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos –Puno*. Puno, Perú: Municipalidad Provincial de Puno.
- Collazos, C. y Gómez, L. (2005). *Biodegradabilidad anaerobia del lixiviado del relleno sanitario Doña Juana*. Universidad Nacional de Colombia.
- Concepción, M., Ibarra, A., Cuellar, L. y Bonet. (2003). *Indicadores de Salud Ambiental y el trabajo de la población en la prevención del Dengue*. Ciudad de la Habana. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM). Habana, Cuba.

- CONAM, Consejo Nacional del Ambiente. (2006). *Guía Técnica para Formulación e implementación de Planes de minimización y reaprovechamiento de residuos sólidos a nivel municipal*. Lima.
- De la Rosa, M., Mosso, A. y Ullan, C. (2002). *El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos*. Observatorio Medioambiental. Vol. 5: 375 – 402.
- Dejoux, C. e Iltis, A. (1992). *El lago Titicaca, síntesis del conocimiento limnológico actual*: Editorial ORSTOM, Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación (Francia) y la HISBOL – Bolivia. La Paz – Bolivia. 584 p.
- ECAs, Estándares de Calidad Ambiental del agua. (2015). *Modificatoria a los Estándares nacionales de calidad ambiental para el agua*. Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales. Decreto supremo N° 015-2015-MINAM. Lima-Perú.
- Escalona, E. (2014). *Daños a la salud por mala disposición de residuales sólidos y líquidos en Dili, Timor Leste*. Rev. Cubana de Higiene y Epidemiología. Vol. 52, No. 2.
- Espinosa, C., López M., Pellón A., Robert M., Díaz S., Gonzales A., Rodríguez N. y Fernández A. (2010). *Análisis del comportamiento de los lixiviados generados en un vertedero de residuos sólidos municipales de la ciudad de la Habana*. Departamento de Estudios sobre Contaminación Ambiental (DECA). Centro de Investigaciones del Ozono. Centro Nacional de Investigaciones Científicas. La Habana, Cuba. Rev. Internacional de Contaminación Ambiental. Vol. 26 No. 4.
- Ferro, F. (2004). *Monitoreo de los riesgos de Salud Ambiental derivados de una inadecuada gestión de residuos sólidos*. CARE Puno, Perú.

- García, M., Marine, M., Díaz, C., Valdés, I., Marine, A., García, M., Torres, Y. y Vázquez, M. (2007). *Comparación de datos de la vigilancia ambiental y de grupos vecinales para prevenir el dengue*. Rev. Cubana. Hig. Epidemiol. Vol. 45, No. 1.
- Gonzales, R., García, O., Infante, A., Rodríguez, N., Martín, A., Beltrán, J. y Chanquet, M. (2005). *Situación actual de la producción de lixiviados en los vertederos provinciales de ciudad de la Habana*. Impacto ambiental y propuestas de sistemas de tratamiento. Cub@ Medio Ambiente y Desarrollo; Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente. Año 5, N° 9.
- González, R. y Rodríguez, R. (2006). *Contaminación del acuífero yucateco por lixiviado de residuos municipales*. Climate Variability and Change – Hydrological Impacts. La Habana – Cuba. IAHS Publ. Vol. 308: 635 – 640.
- Goyzueta, G. y Trigos, C. (2009). *Riesgo de la Salud Pública en el centro poblado Artesanal la Rinconada (5200 msnm) en Puno, Perú*. Revista Perú Medicina Experimental Salud Pública; 26 (1):41-44.
- Harris, S., Istok, J. y Suflita, J. (2006). *Changes in organic matter biodegradability influencing sulfate reduction in an aquifer contaminated by landfill leachate*. Microbial. Ecology. Vol. 51: 535 – 542.
- Hontoria, E. y Zamorano, M. (2000). *Fundamentos del manejo de los residuos urbanos*. Colección sénior 24. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. España. 756 pp.
- Hristivski, K., Olson, L., Hild, N., Peterson, L. y Burge S. (2007). *The municipal solid waste system and solid waste characterization at the municipality of veles*. Macedonia en Waste Management, number 27, pp 1680-1689.

- Hunt, P. (2006). *The human right to the highest attainable standard of health: new opportunities and challenges*. The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene. In press.
- Jaramillo, J. (1997). *Residuos Sólidos Municipales*. IV Edición. Edit. OMS. Washington. USA. p. 214.
- Kaiser, J., Ramsay, K., Richardson, C., Spence, F. and Brand, R (2000) Chronic fishing disturbance has changed shelf sea benthic community structure. *J Anim Ecol*. Vol. 69: 494 – 503.
- Kopytynsky, W. (2001). *Tecnología para rellenos sanitarios (landfills) aeróbicos*.
Página web: www.ingenieroambiental.com/degradacion.htm.
- Laines, J., Goñi, J., Adams, R. y Camacho, W. (2008). *Mezclas con potencial Coagulante para tratamiento de lixiviados de un Relleno Sanitario*. *Interciencia*. Vol. 33 No. 1.
- LEY 26842. Ley General de Salud.
- LEY 27314. (2000). Ley de Municipalidades para el Manejo de Residuos Sólidos.
- LEY 28245. Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.
- LEY 29338. Ley de los Recursos Hídricos. DECRETO SUPREMO N°015-2015-MINAM.
- Marín, G. (2006). *Físico química y microbiología de los medios acuáticos, tratamiento y control de calidad de aguas*: Ediciones Días de Santos S. A. Madrid – España. 310 p.
- Martínez, E. (2004). *Impacto del Lixiviado de Rellenos Sanitarios en la Cuenca del Arroyo Lobería: I. Caracterización de la Carga contaminante*. CONICET Centro de geología de Costas y del Cuaternario, U.N. de Mar del Plata. Cátedra de Microbiología, U.N. de Mar del Plata. Casilla de Correo 722

- (7600) Mar de Plata. Revista Latino – Americana de hidrogeología, n.4, p. 57 – 65.
- Martínez, L. (2006). *Ecología de los sistemas acuícolas*: Editorial AGT Editor S. A. México. 227 p.
- Martínez, R. (2007). *Estudio sobre la concentración de contaminantes orgánicos, inorgánicos y biológicos en lixiviados del relleno sanitario San Nicolás y en agua de pozo aledaños*. Departamento de Fisiología y Farmacología, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes – México. 170 p.
- Medina, L. (2011). *Caracterización de Residuos Sólidos Domésticos en Función de Factores Socioeconómicos de la ciudad de Ayaviri-Puno*. (Tesis de Post Grado). Maestría en Ingeniería Agrícola. Mención en Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional del Altiplano-Puno; p. 95.
- Mendelson, R. (1991). *Measuring hazardous waste damages with panel models*. Journal of Environmental Economics and Management. Vol. 22, No. 99: 259 – 271.
- Méndez, I. (2002). *Tratamiento por absorción de lixiviados de un relleno sanitario*. Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Ingeniería. XXVIII – Congreso interamericano de Ingeniería sanitaria y ambiental. Cancún – México, 27 al 31 de octubre.
- Méndez, R., Cachón, E., Sauri, M. y Castillo, E. (2002). *Influencia del material de cubierta en la composición de los lixiviados de un relleno sanitario*. Revista Ingeniería. Vol. 6, No. 2: 7 – 12.
- MINAM, Ministerio del Ambiental del Perú. (2009). *Política Nacional del Ambiente*. Ministerio del Ambiente – Perú.

- Miranda, N. (2000). *Tecnología de aguas y control de calidad*. Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú. 153 p.
- MPP, Municipalidad Provincia de Puno. (2013). *PIGARS Puno, Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la ciudad de Puno*. Gerencia de Medio Ambiente y Servicios de la MPP. Puno – Perú. 86 p.
- Nájera, H., Castañón, J., Figueroa, J. y Rojas, M. (2009). *Caracterización y tratamiento fisicoquímico de lixiviados maduros producidos en el sitio de disposición final de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México*. II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. Red de Ingeniería en Saneamiento Ambiental, Universidad del Norte. Barranquilla – Colombia.
- Navido, C. (2010). *Resistencia a la Abrasión del Material Pétreo de la Zona de Cancharani*. Tesis de la Escuela de Posgrado, Universidad Nacional del Altiplano – Puno.
- Noriega, P. y Bremer, M. (2001). *Análisis costo – beneficio de la remediación del ex – tiradero de residuos municipales en San Bernabé*. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. México.
- OPS, Organización Panamericana de Salud. (1997). *Guía para el manejo de Residuos Sólidos en ciudades pequeñas y Zonas rurales*. CEPIS Lima (Serie técnica N° 31) pp. 70.
- Ordóñez, G. (2000). *Salud ambiental: conceptos y actividades*. Rev. Panam. Salud Pública.
- Ortega, A., Ferris, J., López, A., García, C., Canovas, A., Bertel, O., et al. (2001). *El pediatra y la incineración de residuos sólidos. Conceptos básicos y*

efectos adversos en la salud humana. Rev. Esp. Pediatr. Vol. 57, No. 6: 473 – 490.

Paredes, A. (2013). *Calidad fisicoquímica y biológica de agua en la zona de captación – Chimu, del lago Titicaca destinada para el abastecimiento de agua potable a la ciudad de Puno*. Tesis de Licenciatura. Escuela Profesional de Biología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú. 119 p.

Pineda, M. (2006). *Educación Ambiental y Gestión de Residuos Sólidos*. Impreso en Sagitario. Puno-Perú.

Pocohuanca, R. (2009). *Distribución espacial y geográfica de Cladophora crispata (Ilaska) en la zona litoral de la península de Capachica y Chucuito, Puno*. (Tesis de Maestría en Ecología). Escuela de Post Grado, Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú. 89 p.

Polit F. y Hungler P. (2000). *Investigación científica en ciencias de la salud*. México: McGraw-Hill interamericana.

Polo M. y Guevara E. (2000). *Contaminación de acuíferos por efecto de los lixiviados en el área adyacente al vertedero de desechos sólidos la Guasima, Municipio Libertador, Estado Carabobo*. Maestría en Ingeniería Ambiental, Universidad de Carabobo. Venezuela.

Primo, O. (2008). *Mejoras en el tratamiento de lixiviados del vertedero de RSU mediante procesos de Oxidación Avanzada*. (Tesis Doctoral). Cantabria. Universidad de Cantabria. Escuela técnica Superior de Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones. Departamento de Ingeniería Química y Química Inorgánica. Septiembre.

- Ralli, H. (2013). *Los desechos sólidos en la Salud Pública*. Página web: www.noticiasnet.com. Fecha de revisión: 15 de junio del 2015.
- Rengifo, H., Acevedo, A., Aldana, M. y Calvo, V. (2007). *Aproximación diagnóstica y propuesta de políticas generales en materia de salud ambiental CIES*. Lima – Perú.
- Robles, M., Morales, Y. y Piña, B. (2011). *Medición de pH y cuantificación de metales pesados en los lixiviados del relleno sanitario más grande de la zona Metropolitana de la ciudad de México*. Unidad profesional interdisciplinaria de Biotecnología (UPIBI) – Instituto politécnico nacional (IPN). www.ujat.mx/publicaciones/uciencia. Vol. 27 (2): 121 – 132.
- Rojas, M. (2004). *Cantidad y Disposición Final de Residuos Sólidos en la Ciudad de Puno*. (Tesis de la Escuela Profesional Ciencias Biológicas). Universidad Nacional del Altiplano-Puno; pp. 63.
- Romero, J. (2004). *Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de Diseño*. Bogotá. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Cuarta edición. 2004. 1248 p.
- Selberg, A., Viik, M. y Tenno, T. (2005). *Characteristics and natural attenuation of the Paskula landfill leachate*. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Vol. 54, No. 1: 35 – 44.
- Sericano, J. (2008). *Guía para el muestreo, preparación y análisis de contaminantes orgánicos en muestras ambientales (agua, suelos/sedimentos y biota)*. Programa de Monitoreo Costero, del Proyecto GEF-REPCar. PNUMA Programa Ambiental del Caribe. Kingston – Jamaica. 129 p.

- Shusterman, D, Lipscomb, J, Neutra, R y Satin K. (1991). *Symptom prevalence and odor-worry interaction near hazardous waste sites*. Env. Health Perspect. 94: 25-30.
- Sierra, C. (2011). *Calidad del agua, evaluación y diagnóstico*. Digiprint Editores. E. U. Bogotá – Colombia. 457 p.
- Talalaj, I. y Dzienis, L. (2007). *Influence of leachate on quality of underground waters*. Polish Journal of Environmental Studies. Vol. 16, No. 1: 139 – 144.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. y Vigil, A. (1994). *Gestión integral de residuos sólidos*. Ed. Mc Graw – Hill. Madrid. 1107 p.
- Tian, Y., Yang, H., Li, D. y Lin, Z. (2005). *Variations of dominant microbial populations in groundwater in response to the leachate from laogang landfill*. Journal of Environmental Sciences. Vol. 17, No. 1: 106 – 109.
- Torres, P., Rodríguez, J., Barba, L., Moran, A. y Narváez, J. (2005). *Tratamiento anaerobio de lixiviados en reactores UASB*. Ingeniería & Desarrollo. Vol. 18: 50 – 60.
- Trejo, R. (1994). *Procesamiento de la basura urbana*: Editorial Trillas. México.
- Trigos, C. (2010). *Efecto del Manejo de Residuos Sólidos en la Salud de Trabajadores de Limpieza Pública de los Municipios de Puno y Juliaca-2009*. Tesis de la Escuela de Post grado. Maestría en Salud Pública. Universidad Nacional del Altiplano-Puno. pp.115.
- Valderrama, A. y Córdova, D. (2004). *Contaminación por residuos sólidos urbanos en el Malecón Turístico de la Bahía Interior del Lago Titicaca de la ciudad de Puno*. Caminos hacia la Salud; 1(1); 59-69.
- Valderrama, A. (2006). *Manejo de Residuos Sólidos y Salud de Familias que Habitan próximas a la Bahía Interior del Lago Titicaca-2006*. (Tesis de la

Escuela de Post Grado). Maestría en Salud Pública. Universidad Nacional del Altiplano-Puno. p – 144.

Valencia, J., Espinosa, A., Parra, A. y Peña, M. (2011). *Percepción del riesgo por emisiones atmosféricas provenientes de la disposición final de residuos sólidos*. Rev. Salud Pública. Vol. 13, No. 6: 930 – 941.

Wang, F., Smith, D. y Gamal, M. (2003). *Application of advanced oxidation methods for landfill leachate treatment*. J. Environ. Eng. Sci. Vol. 2: 413 – 427.

Watanabe, T., Santo, D. y Amura, T. (2002). *Risk evaluation for pathogenic and virases in sewage sludge compost*. Water Science and Technology. Vol. 48, No. 11: 325 – 330.



ANEXOS

Anexo 1. Encuesta realizada a los pobladores de las zonas cercanas a la zona
de estudio.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POST GRADO
MAESTRÍA EN ECOLOGÍA**

**GUÍA DE ENTREVISTA DIRIGIDA A LAS FAMILIAS DE LA COMUNIDAD DE
CANCHARANI**

A) FACTORES SOCIALES:

1. ¿Qué edad tiene usted?
 - DE 15 A 24 AÑOS. ()
 - DE 25 A 34. ()
 - DE 35 A 54. ()
 - DE 55 A MAS AÑOS ()
2. ¿Qué nivel de estudios curso?
 - Sin estudios. ()
 - Primaria completa. ()
 - Secundaria completa. ()
 - Estudios superiores. ()
3. Tiene agua potable
 - Si. ()
 - No ()
4. Tiene desagüe
 - Si ()
 - No ()

B. CONDUCTAS:

1. Evita producir residuos sólidos para disminuir o eliminar su peligrosidad.
 - Siempre. ()
 - A veces. ()
 - Nunca. ()
2. Almacena sus residuos sólidos en un recipiente con tapa
 - Siempre. ()
 - A veces. ()
 - Nunca. ()
3. Usa recipiente para los residuos sólidos resistentes a la humedad
 - Siempre. ()
 - A veces. ()
 - Nunca. ()
4. Evita que el agua de lluvia ingrese se mezcle con los residuos sólidos
 - Siempre. ()
 - A veces. ()
 - Nunca. ()

5. Con que frecuencia bota sus residuos sólidos
 - En los contenedores Municipales ()
 - En la puerta del domicilio ()
 - En la esquina de la calle ()
 - En los alrededores de su vivienda ()
6. Donde realiza sus deposiciones fecales
 - En mi domicilio ()
 - En los alrededores del botadero ()
 - En otro lugar ()
7. Se lava las manos luego de botar o recoger los residuos sólidos.
 - Siempre ()
 - A veces ()
 - Nunca ()

C) EDUCACION SANITARIA Y LEGAL:

1. ¿Sabe a dónde van los residuos sólidos dejados en la calle?
 - Al relleno sanitario ()
 - A la bahía del lago ()
 - Al botadero de Cancharani ()
 - Se la comen los perros ()
 - Se la comen los chanchos ()
 - No se ()
2. ¿Sabe qué ocurre con las botellas y las bolsas de plástico botadas entre los residuos sólidos?
 - Permanecen integras durante siglos. ()
 - Se deshacen rápidamente con el tiempo. ()
 - No sabe no opina. ()
3. ¿Sabe a dónde va a parar con las bolsas y botellas botadas en la calle?
 - Colmatación de los desagües ()
 - Son arrastradas a los posos y viviendas por los vientos y lluvias ()
 - Son recogidas por el municipio y los recicladores ()
 - No se ()
4. ¿Cree usted que los residuos sólidos contaminan esta área y también toda la ciudad?
 - Si ()
 - No ()
 - Tal vez ()
5. ¿Cree usted que los residuos sólidos traen ratones, insectos, perros y otros animales?
 - Si ()
 - No ()
 - Tal vez ()
6. ¿La contaminación por los residuos sólidos provocan angustia, dolor de cabeza, enojo y quita el sueño?
 - Si ()
 - No ()
 - Tal vez ()
7. ¿La contaminación por los residuos sólidos provocan enfermedades a la piel?

- Si ()
 - No ()
 - Tal vez ()
8. ¿La contaminación por los residuos sólidos provoca enfermedades en el estómago?
- Si ()
 - No ()
 - Tal vez ()
9. ¿La contaminación por residuos sólidos provocan enfermedades en los ojos?
- Si ()
 - No ()
 - Tal vez ()
10. ¿Existen leyes que obligan a almacenar los residuos sólidos en forma segura y adecuada?
- Si ()
 - No ()
 - Tal vez ()
11. ¿Cree usted que está prohibido quemar residuos sólidos?
- Si ()
 - No ()
 - Tal vez ()
12. ¿Cree usted que está prohibido botar residuos sólidos en la calle o en el sector de Cancharani?
- Si ()
 - No ()
 - Tal vez ()
13. ¿Existirán multas por botar residuos sólidos en lugares no permitidos?
- Si ()
 - No ()
 - Tal vez ()
14. ¿Cree usted que existen normas para juntar los residuos sólidos y facilitar su recojo?
- Si ()
 - No ()
 - Tal vez ()
15. ¿Se debe comunicar a las autoridades si alguien bota residuos sólidos en la calle?
- Si ()
 - No ()
 - Tal vez ()

D) SINTOMATOLOGIA NEUROPSIQUICA:

1. ¿Sintió malos olores en el sector de Cancharani en los últimos 7 días?

 - Si ()
 - No ()

2. ¿Sintió palpitations en los últimos siete días?

 - Si ()
 - No ()

3. ¿Tuvo dolor de cabeza en los últimos 7 días?

- Si ()
- No ()
- 4. ¿Sintió nerviosismo en los últimos siete días?
 - Si ()
 - No ()
- 5. ¿Estuvo irritado o molesto en los últimos 7 días?
 - Si ()
 - No ()
- 6. ¿Tuvo falta de sueño en los últimos 7 días?
 - Si ()
 - No ()

E) SINTOMATOLOGIAS DIGESTIVAS:

1. ¿Tuvo nauseas o ganas de vomitar en los últimos 7 días?
 - Si ()
 - No ()
2. ¿Tuvo cólicos en los últimos 7 días?
 - Si ()
 - No ()
3. ¿Tuvo gases en los últimos 7 días?
 - Si ()
 - No ()
4. ¿Tuvo ardor en la boca del estómago en los últimos 7 días?
 - Si ()
 - No ()
5. ¿Tuvo diarreas en los últimos 7 días?
 - Si ()
 - No ()
6. ¿Tuvo vómitos en los últimos 7 días?
 - Si ()
 - No ()

Gracias por su colaboración

Entrevistador:

Fecha:



Anexo 2. Toma de muestra en el botadero de Cancharani, enero del 2015.



Anexo 3. Lixiviados derivados de los residuos sólidos del botadero de Cancharani, enero del 2015.



Anexo 4. Análisis de las muestras de lixiviados en el Laboratorio de Aguas y Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNA – Puno), enero y junio del 2015.