

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**“ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUAS
SUBTERRÁNEAS POR LIXIVIADOS DEL ENTORNO DEL VERTEDERO
DEL KM. 22, CAMPO VERDE-UCAYALI”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

BACH. MARGARITA JESUS SALVADOR AGURTO

BACH. LETTY LEONOR SANDOVAL MENDOZA

PUCALLPA-PERÚ

2014



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y
AMBIENTALES



COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA SUSTENTACIÓN DE TESIS

001/2014- CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa, a los dieciséis días del mes de Mayo del año dos mil catorce (2014), siendo las 12.30 pm de acuerdo a lo dispuesto por el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron en el Laboratorio de Transformación Química Forestal de la Universidad Nacional de Ucayali, los miembros del Jurado Evaluador, conformado por los siguientes docentes:

Presidente: Ing. M.Sc. Rubén Darío Maturano Pérez.

Miembro: Ing. Mg. Héctor Quispe Cerna.

Secretario: Dr. Marco Antonio Chota Isuiza.

Para proceder a la sustentación pública de la tesis titulado: **“ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS POR LIXIVIADOS DEL ENTORNO DEL VERTEDERO DEL KM. 22, CAMPO VERDE-UCAYALI”**, presentado por las bachilleres: **MARGARITA JESUS SALVADOR AGURTO y LETTY LEONOR SANDOVAL MENDOZA**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.

Finalizado la sustentación se procedió a las preguntas que el jurado creyó conveniente, llegándose a la siguiente conclusión: la tesis fue **APROBADA POR UNANIMIDAD** quedando las sustentantes expeditas para gestionar el título de Ingeniero Ambiental.

Siendo las 1.35 pm se dio por terminado el acto académico.

.....
Ing. M.Sc. Rubén Darío Maturano Pérez
Presidente

.....
Ing. Mg. Héctor Quispe Cerna
Miembro

.....
Dr. Marco Antonio Chota Isuiza
Secretario

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS**

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, MARGARITA JESUS SALVADOR AGURTO

Autor(a) de la TESIS de pregrado titulada:

ANALISIS DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA SUBTERRANEAS
POR LIXIVIADOS DEL ENTORNO DEL VERTEDERO DEL KM22 CAMPO VERDE UCAYALISustentada el año: 2014Con la asesoría de: DR. CARLOS PANDURO CARBAJALEn la Facultad: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALESEscuela profesional: INGENIERIA AMBIENTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL Significa que se publicará en el repositorio institucional solo la caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar si su tesis o documento presenta material patentable, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 31 / 05 / 2023Email: maja.salvador@hotmail.com
Teléfono: 967770934Firma:
DNI: 46938395



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, LETTY LEONOR SANDOVAL HENCOZA

Autor(a) de la TESIS de pregrado titulada:

ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS
POR LIQUEFACCIÓN DEL FUNDOS DEL VERTEDERO DEL KM 22. CAMPO VERDE - UCAYALI

Sustentada el año: 2014

Con la asesoría de: DR. CARLOS PINOIRO CARGAJAL

En la Facultad: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela profesional: INGENIERÍA AMBIENTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL Significa que se publicará en el repositorio institucional solo la caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar si su tesis o documento presenta material patentable, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 30/05/2023

Email: lettysandoval_18@hotmail.com

Teléfono: 966657608

Firma: [Firma manuscrita]

DNI: 47271342

• www.repositorio.unu.edu.pe

✉ repositorio@unu.edu.pe

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente A DIOS Todopoderoso, por ser mi guía y darme fuerzas para luchar y seguir adelante.

A mis padres: Eulalio y Pascuala, por el ejemplo, el amor, e inmensos esfuerzos que hicieron posible terminar la carrera. Y ser ellos la razón de mi esfuerzo y perseverancia en todos mis quehaceres.

A mis hermanos: Herchell, Jimmy, Lee y Saul, por sus incondicional apoyo durante mis estudios, comprensión brindada, quienes son mi inspiración para salir adelante y sé que siempre contaré con ellos.

A mi pequeño sobrino: Fabrisio, quien con sus travesuras y ocurrencias, alegra mis días y lo quiero mucho.

A mi amiga y compañera de este trabajo: Letty, por la buena comunicación y paciencia, logramos nuestro objetivo.

A mis amigos de siempre, Jhomayra, Marilyn, Rosario, Thalía y Jim, quienes con su apoyo, comprensión, compañía y valiosa amistad, me han ayudado a superar cada uno de los obstáculos a lo largo de este camino. Y a todos mis queridos amigos y queridas amigas, gracias por todo y los aprecio mucho a todos.

De una manera muy especial a cada profesor(a) que he tenido a lo largo de toda mi formación académica, principalmente al Ing. Gustavo Balbuena Marañon (QEPD y DG), quien fue un gran amigo y a quien recordare siempre.

Y a todas las personas que han depositado valuales e inolvidables huellas en mi corazón a lo largo de este proceso.

MARGARITA JESUS SALVADOR AGURTO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente al Creador de todo: A DIOS Todopoderoso, por su ayuda y compañía a lo largo de toda la historia de mi vida, en la cual hoy cierro una etapa muy importante.

A mis padres: María y Celso, por su interminable apoyo en todo momento de la vida, por sus enseñanzas, consejos y por su eterna paciencia. Y ser ellos la razón de mi lucha y existencia.

A mis hermanos: Romy y Gastón, que siempre me han apoyado en momentos difíciles y nunca me han dejado caer con sus sabias palabras, gracias hermanos por ser quienes son, los quiero mucho.

A mis pequeños sobrinos: Otto, Heidi y Mila, que desde que llegaron a este mundo me enseñaron a ser más paciente, tolerante y alegran mi vida con los momentos divertidos que compartimos.

A la Sra. Laura, por su cariño, su paciencia y palabras de aliento en todo momento.

A mi amiga y compañera de este trabajo: Margarita, por la buena comunicación y voluntad mostrada, que hicieron de la realización de este trabajo una buena experiencia.

A mis amigos: Thalía, Rosario, Jim, Xavier y Henry, que han estado más cerca de mí en estos años de universidad, por sus buenos consejos y palabras de aliento por lo que estimo mucho sus amistades. Y así a todas mis amigas y a todos mis amigos, por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas.

Para toda mi familia por el amor y cariño que me han dado siempre.

Y a todos aquellos que en el transcurso de mi vida han ido formando la persona que soy hoy.

LETTY LEONOR SANDOVAL MENDOZA

AGRADECIMIENTOS

Primeramente: A DIOS Todopoderoso por su respaldo en esta investigación ejecutado, en el cual nos permitió pasar por una serie de circunstancias en la cual aprendimos mucho.

A nuestras familias, por el apoyo y comprensión recibida de parte de ellos en todo este tiempo.

A nuestro asesor: Dr. Carlos Panduro Carbajal y Co-Aesor: Ing. Fernando Velásquez de la Cruz; por su guía, trabajo, dedicación y consejos recibidos a lo largo de la ejecución de este estudio.

A las personas e instituciones que nos apoyaron como:

- Universidad Nacional de Ucayali por financiar parte de esta investigación.
- A la Oficina de Saneamiento Básico de la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental, en especial a los señores: Simon Dextre, Alex e Isacc por brindarnos las facilidades en el apoyo de la toma y análisis de muestras.
- Al Ing. César Augusto Valera Rodríguez de la Oficina de Investigación de la Universidad Nacional de Ucayali, por atendernos con amabilidad, dedicación y darnos las facilidades del caso para acceder al financiamiento del estudio.

A nuestras amigas y amigos, en especial a: Rosario, Julio, Thalía, Xavier y Henry que nos apoyaron en la realización de este estudio.

A los dueños de los pozos muestreados por su colaboración ya que con su ayuda, pudimos terminar este estudio.

Y así a todas las personas no profesionales y profesionales, a las cuales se les consulto o pidió ayuda, la cual recibimos sin ningún interés.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO GENERAL.....	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
CAPITULO I.....	4
1.1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.2.1.Problema general.....	5
1.2.2.Problemas específicos.....	5
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1.DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	6
2.1.1.Ubicación.....	6
2.1.2.Límites.....	7
2.1.3.Accesibilidad.....	7
2.1.4.Clima.....	8
2.1.5.Suelos y tierra según su capacidad de uso mayor.....	8
2.1.5.1.Suelos.....	10
2.1.5.2.Tierras según su capacidad de uso mayor.....	10
2.1.6.Geología.....	10
2.1.7.Topografía.....	10
2.1.8.Hidrografía.....	11
2.1.9.Aspectos demográficos.....	13
2.1.10.Actividades laborales de la comunidad.....	13
2.1.10.1.Porcicultura.....	15
2.1.10.2.Reciclaje.....	15
2.1.11.Sistema de abastecimiento de agua.....	16
2.1.12.Sistema de alcantarillado sanitario.....	17
2.2.AGUA SUBTERRÁNEA.....	18
2.2.1.Características físicas del agua subterránea.....	20
2.2.2.Características químicas del agua subterránea.....	22
2.3.CONTAMINANTES DEL AGUA SUBTERRÁNEA GENERADA EN LOS VERTEDEROS.....	29
2.3.1.Formación de lixiviado.....	29
2.3.2.Composición del lixiviado.....	31
2.4.SITUACIÓN ACTUAL DEL VERTEDERO DEL KM. 22.....	34
2.4.1.Historia.....	34
2.4.2.Volumen de residuos ingresados.....	38
2.4.3.Características de residuos generados.....	39
2.4.4.Almacenamiento y tratamiento de lixiviados.....	41
2.4.5.Generación de lixiviados.....	41
2.5.LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CALIDAD DEL AGUA.....	43
2.5.1.Reglamento Peruano de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N° 031-2010-SA).....	45
DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	46
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	49
3.1.MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	49
3.2.POBLACIÓN Y MUESTRA.....	49
3.2.1.Población.....	49
3.2.2.Muestra.....	49

3.3.PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	50
3.3.1.Ubicación de las fuentes de aguas subterráneas utilizadas para consumo humano.....	50
3.3.2.Selección de parámetros.....	51
3.3.3.Lugar de análisis de muestras.....	51
3.3.4.Método de muestreo.....	51
3.3.5.Método de análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos.....	52
3.3.6.Toma de muestras.....	53
3.4. ANÁLISIS PRELIMINAR.....	54
3.4.1.Lixiviados.....	54
3.4.2.Análisis de aguas subterráneas.....	55
3.5.ANÁLISIS GEOGRÁFICO.....	56
3.5.1.Para el Análisis Microbiológico.....	56
3.5.2.Para el Análisis Físico-químico.....	57
3.6.TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	58
3.6.1.Materiales y Equipos.....	58
3.6.2.Herramientas.....	59
3.6.3.Programas (Software).....	59
3.7. TRATAMIENTO DE DATOS.....	60
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	61
4.1.UBICACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS UTILIZADAS PARA CONSUMO HUMANO.....	61
4.2.ÁNÁLISIS PRELIMINAR.....	69
4.2.1.Lixiviados.....	69
4.2.1.1.Producción de lixiviado.....	69
4.2.1.2.Densidad del lixiviado.....	71
4.2.1.3.Composición del lixiviado.....	71
4.2.2.Análisis de aguas subterráneas.....	72
4.2.2.1.Análisis microbiológico.....	73
4.2.2.2.Análisis físico-químicos.....	75
4.3.ANÁLISIS GEOGRÁFICO DE LOS PARÁMETROS.FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LOS POZOS MUESTREADOS.....	90
4.3.1.Análisis geográfico de la contaminación microbiológica.....	90
4.3.2.Análisis geográfico de la contaminación físico-químico.....	94
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	99
5.1.CONCLUSIONES.....	99
5.2.RECOMENDACIONES.....	101
BIBLIOGRAFÍA.....	104
ANEXOS.....	108

INDICE DE FIGURAS

1. Mapa de ubicación y localización del área de estudio.....	6
2. Rutas de acceso al vertedero del Km. 22.....	7
3. Perfiles estratigráficos característicos de la zona.....	9
4. Topografía del área.....	11
5. Cochas y zonas pantanosas del área de estudio.....	11
6. Mapa hidrográfico del área de estudio.....	12
7. Población del área.....	14
8. Actividades de porcicultura en el vertedero del Km. 22.....	15
9. Reciclaje en el vertedero del Km. 22.....	16
10. Inexistencia del sistema de alcantarillado del área de estudio.....	17
11. Elementos del flujo del agua subterránea.....	19
12. Esquematzación de la distribución de agua en el suelo y subsuelo.....	19
13. Modelo conceptual del movimiento de lixiviados en vertederos.....	29
14. Mapa del área de mayor disposición de residuos sólidos en el vertedero del Km. 22.....	37
15. Tipo de vehículos ingresados al vertedero del Km. 22.....	38
16. Composición física de los residuos sólidos del distrito de Campo Verde expresado en porcentaje.....	40
17. Caracterización media de los residuos sólidos domiciliarios generados en los distritos de Calleria, Yarinacocha y Campo Verde.....	41
18. Etapas de producción de lixiviado: aerobio y anaerobio.....	42
19. Lixiviados en el vertedero.....	43
20. Mapa de ubicación de pozos muestreados.....	63
21. Pozo 1.....	64
22. Pozo 2.....	64
23. Pozo 3.....	65
24. Pozo 4.....	65
25. Pozo 5.....	66
26. Pozo 6.....	66
27. Pozo 7.....	67
28. Pozo 8.....	67
29. Pozo 9.....	68
30. Pozo 10.....	68
31. Distribución de la precipitación media mensual y del volumen de lixiviados producidos en el vertedero.....	70
32. Determinación de los parámetros microbiológicos.....	73
33. Dendograma de conformación de conglomerados.....	75
34. Determinación de la temperatura.....	75
35. Determinación de la turbiedad.....	76
36. Turbiedad en el agua de los pozos de los alrededores del vertedero.....	77
37. Determinación del pH.....	77
38. pH en el agua de los pozos de los alrededores del vertedero.....	78
39. Determinación de la conductividad.....	79
40. Determinación de los STD.....	80
41. Determinación del aluminio.....	81
42. Aluminio en el agua de los pozos de los alrededores del vertedero.....	83

43. Determinación del cobre.....	83
44. Determinación del zinc.....	84
45. Dendograma de conformación de conglomerados de los parámetros de calidad organoléptica.....	86
46. Determinación del plomo.....	88
47. Porcentaje de pozos seguros, en mediano riesgo y en riesgo.....	89
48. Contaminación microbiológica de los pozos muestreados.....	91
49. Mapa de distribución geográfica de la contaminación microbiológica del agua subterránea.....	93
50. Contaminación físico-químico de los pozos muestreados.....	95
51. Mapa de análisis geográfico de la contaminación físico-químico del agua subterránea.....	97

INDICE DE TABLAS

1. Coordenadas geográficas del vertedero del Km. 22.....	7
2. Población por rango de edad en el distrito de Campo Verde.....	13
3. Actividad de la población ocupada según PEA en el distrito de Campo Verde.....	14
4. Sistema de abastecimiento de agua en el distrito de Campo Verde.....	16
5. Sistema de alcantarillado en el distrito de Campo Verde.....	17
6. Diferencias generales de la composición de lixiviados según edad del vertedero.....	33
7. Composición física de los residuos sólidos del distrito de Calleria expresado en porcentaje.....	39
8. Composición física de los residuos sólidos del distrito de Yarinacocha expresado en porcentaje.....	40
9. Niveles de contaminación microbiológica.....	57
10. Niveles de contaminación físico-químico.....	57
11. Resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos de los pozos muestreados.....	72
12. Situación del cumplimiento de los LMP del reglamento de la calidad del agua para consumo humano.....	89
13. Situación de la contaminación microbiológica de los pozos muestreados.....	91
14. Situación de la contaminación físico-química de los pozos muestreados.....	94

RESUMEN

El presente estudio trata sobre el diagnóstico de la contaminación de las aguas subterráneas utilizadas para consumo humano en el entorno del vertedero de Pucallpa, por efecto de los lixiviados generados por desechos sólidos dispuestos en este vertedero, ubicado en la carretera Federico Basadre kilómetro 22, interior margen izquierda 3 Km, distrito de Campo Verde. Se basa en un análisis de la calidad del agua subterránea muestreada en 10 pozos utilizadas para consumo humano, que fueron georeferenciados, que se encuentran en los alrededores del vertedero; y del análisis geográfico del área. Se realizaron análisis microbiológicos (N=20), análisis físico-químicos (N=140). Además se realizó un inventario sobre las características de las fuentes de agua (pozos), el uso y tratamientos de sus aguas.

Tomando en consideración la cantidad de lixiviado que se ha venido y se viene generando en el vertedero, 670.11 m³/día, las precipitaciones relativamente abundantes en la zona, las concentraciones de los contaminantes y los problemas técnicos que tiene este vertedero, aparentemente el vertedero está influenciando en la calidad del agua subterránea por medio del lixiviado que se viene generando que son incorporados al agua subterránea al producirse la recarga por precipitación.

Los análisis microbiológicos mostraron que 80% de los resultados no cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA, es decir no son aptos para el consumo humano. Según los niveles de contaminación en base a la guía de emergencia para estimar la calidad de fuentes potenciales de agua en sitios de desastre, el 50% de los pozos muestreados tienen contaminación alta. Se concluye que es difícil aseverar que es por el vertedero, estos valores son el resultado de la mala situación de los pozos (constructivo y mantenimiento).

El 90% de los pozos no cumplen con los LMP establecidos en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA, para los parámetros físico-químicos medidos, es decir no están aptos para el consumo humano. El 70% de los pozos presenta contaminación físico-química alta. A nivel general se puede decir que no se evidencia afectación de aguas subterráneas por metales (con excepción del Aluminio), debido a que los residuos industriales son generalmente reciclado en la zona de estudio y existe poco ingreso de metales al vertedero, y a la buena capacidad de mitigación de los suelos. Las mayores concentraciones de los parámetros químicos evaluados en este estudio se encuentran en el pozo 3 ubicado aguas abajo del vertedero, indicando que pueden provenir del vertedero y están contaminando las aguas subterráneas.

ABSTRACT

This study is about the diagnosis of the groundwater pollution used for human consumption in the surroundings of Pucallpa city rubbish dump due to the effect of leachate generated by solid waste disposed in this rubbish dump, located on the kilometer 22 of the Federico Basadre Highway, within 3 km on the left margin, Campo Verde District. It is based on an analysis of the groundwater quality sampled in 10 wells used for human consumption (which were georeferenced) located around the mentioned dump, and a geographical analysis area. Microbiological analysis (N = 20), physical-chemical analysis (N = 140) were performed. In addition, a survey (inventory) on the characteristics of the water sources (wells), the use and treatment of the water was performed

Considering the amount of leachate that has been and is being generated in the rubbish dump, the relatively high rainfall in the area, the concentrations of the pollutants and the technical problems that this rubbish dump has, apparently the dump is influencing the quality of groundwater due to the leachate which is being generated that are incorporated into the ground water due to the precipitation recharging.

Microbiological analysis showed that 80% of the results don't comply with the established requirements in the regulation for water quality human consumption: DS N ° 031-2010-SA, so we can say that it is not appropriate for human consumption. According to the levels of pollution based on the emergency guide to estimate the potential water sources in disaster sites (2006), the 50% of the sampled wells have high pollution. We conclude that it is difficult to asseverate that it is because of the dump, these values are the result of the bad condition of the wells (construction and maintenance).

The 90% of the wells do not comply with the maximum permissible limits (LMP) in the regulation of the water quality human consumption: DS N ° 031-2010-SA, for the physico-chemical parameters measured, so we can say that it isn't appropriate for human consumption. The 70% of the wells has high physical and chemical pollution. In general we can say that there is no evidence of affectation of groundwater due to heavy metals (except for Al), because of the industrial waste is usually recycled in the study area and there is little income of metals to the dump, and due to the good mitigation capacity of the soil. The highest concentrations of chemical parameters evaluated in this study, are in the well number 3 located downstream of the dump, indicating that they can come from the rubbish dump and are contaminating the groundwater

INTRODUCCIÓN

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

Al crecer la producción de residuos los vertederos y rellenos sanitarios (RS en adelante) comúnmente utilizados por las comunidades como los lugares para la disposición final ha adquirido gran importancia. A pesar de ello, en Perú, un informe realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), determinó que de 1833 municipios registrados, el 89.2% (es decir 1635 municipios), aún operan vertederos a cielo abierto (Anuario Estadístico Ambiental, 2012).

Los vertederos, muchos localizados cerca de cuerpos de agua o establecidos sin las consideraciones técnicas adecuadas en cualquier espacio disponible, han sido asociados con problemas de salud pública y detrimento ambiental. Esto obedece a que tanto en los vertederos a cielo abierto, como en los rellenos sanitarios, se acumulan altas cantidades de desechos y contaminantes orgánicos e inorgánicos y además se presentan condiciones que favorecen la reproducción de moscas y mosquitos quienes actúan como vectores de varias enfermedades que afectan la salud humana, (Vrijheid, 2005).

Dentro de los contaminantes presentes en los vertederos y RS se encuentran los lixiviados, contaminante líquido que se genera del agua que se ha infiltrado o a drenado a través de los desperdicios sólidos y que contiene materiales o componentes de tales desperdicios que son solubles, parcialmente solubles o

se encuentran suspendidos (Aluko, 2005; El-Gendy *et al.*, 2006; JCA, 1997; McIsaac, 2005), ampliamente reconocidos por sus efectos adversos sobre el ambiente y la salud de la población. Los lixiviados de los vertederos y RS contienen contaminantes que pueden caracterizarse en cuatro grupos: materia orgánica disuelta, macro componentes inorgánicos, metales pesados y compuestos orgánicos (Kjeldsen *et al.*, 2006). Globalmente, los lixiviados tienen implicaciones en la producción de alimentos en las granjas, desarrollo anormal, nacimientos de bajo peso, incidencia de leucemia y otros tipos de cáncer en comunidades cercanas (Aluko, 2005).

Un ejemplo de la problemática asociada con los vertederos a cielo abierto puede encontrarse en el sitio conocido como el vertedero del Km. 22, ubicado en la C.F.B. Km. 22, interior margen izquierda 3 Km., el que se inició en el mes de Julio del 2004, al ser clausurado definitivamente el vertedero denominado 2 de Mayo en cumplimiento con el DS N° 06 de 1964, define como método de disposición final de residuos el RS. El vertedero del Km. 22 ha estado activo por más de nueve años, período en el que además de la inadecuada disposición de los residuos, se generaron asentamientos humanos directamente sobre su superficie y en los alrededores. La Municipalidad distrital de Campo Verde (MDCV) reportó que para el año 2010 se encontraban aproximadamente 46 personas habitando el vertedero y que alrededor de este existe un total de 414 habitantes pertenecientes a la CC.NN Nueva Unión y al Caserío la Victoria que son abastecidas mediante la explotación de pozos. Tiene una superficie de 38.22 has, y está distanciado aproximadamente 40 m de la quebrada Manantay y a unos 700 metros la quebrada Mojaral.

En este contexto y debido a la necesidad de establecer el impacto que los lixiviados tienen sobre las comunidades cercanas al vertedero se vio la necesidad de realizar el presente estudio, donde se analizaron algunos parámetros químicos, físicos y microbiológicos para evaluar la calidad del agua subterránea de pozos que están cerca del vertedero del Km.22, teniendo como objetivo general y específicos los siguientes:

OBJETIVO GENERAL:

- Evaluar la calidad física, química y microbiológica de las fuentes de aguas subterráneas utilizadas para consumo humano del entorno del vertedero del Km. 22 Carretera Federico Basadre (C.F.B.), en base al reglamento de la calidad del agua de consumo humano.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar y ubicar las fuentes de aguas subterráneas utilizadas para consumo humano del entorno del vertedero del Km 22 C.F.B.
- Determinar la concentración de contaminantes presentes en las fuentes de aguas subterráneas del entorno del vertedero del Km 22 C.F.B., que provengan de lixiviados del vertedero.
- Realizar la interpretación geográfica de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua subterránea utilizada para consumo humano del entorno del vertedero de km 22 C.F.B.

CAPITULO I

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los problemas fundamentales que se presentan en el país y en nuestra región son los residuos sólidos municipales. Su disposición final en las áreas destinadas para ese fin provoca una afectación directa sobre el entorno. Se genera una alteración paisajística acompañada de emanaciones de olores y gases desagradables al olfato y en muchos de los casos nocivos para la salud (como el metano, dióxido de carbono, metales pesados incorporados al aire por la combustión espontánea en el vertedero, etc.), proliferación de vectores causantes de enfermedades (roedores e insectos), degradación de la basura a través de las reacciones bioquímicas producidas en el interior del vertedero causadas por el ingreso de agua de lluvia y la acción de las bacterias, generando flujos de agua contaminada denominados lixiviados, que en la mayoría de los casos no son tratados adecuadamente.

Las municipalidades de los distritos de Callería, Yarinacocha y Campo Verde depositan los residuos sólidos sin ningún tipo de tratamiento en el vertedero del Km. 22 de la C.F.B. Vertedero que actualmente tiene problemas técnicos, tales como ausencia de un sistema de evacuación de lixiviado, carencia de drenaje de agua fluvial a pesar de que la zona es lluviosa, no cuenta con una capa impermeable, entre otros. Esto ocasiona que los lixiviados generados de manera natural se disipen en el ambiente, filtrándose a los estratos subterráneos y al agua subterránea de la zona circundante afectando hasta el agua potable para las comunidades cercanas.

En los alrededores del vertedero del Km. 22 de la C.F.B. existe una población estimada de 414 habitantes pertenecientes a la CC.NN Nueva Unión y al caserío la Victoria (Plan de Desarrollo Concertado de la Municipalidad Distrital de Campo Verde, 2010) que son abastecidas mediante la explotación de pozos de atajo abierto. Inclusive existen pozos que se encuentran ubicados dentro del mencionado vertedero de la cual

se abastecen aproximadamente 46 habitantes que viven *in situ*, lo que podría llegar a convertirse en la causa principal de los problemas de salud de la población al consumir agua contaminada con estos lixiviados. Además los lixiviados tienen implicaciones en la producción de alimentos en las chacras, parasitosis, tifoidea, cólera, desarrollo anormal, nacimientos de bajo peso, incidencia de leucemia y otros tipos de cáncer en comunidades cercanas (Aluko, 2005).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general:

- ¿Cuál es el grado de calidad física, química y microbiológica de las fuentes de aguas subterráneas utilizadas para consumo humano del entorno del vertedero del Km. 22 C.F.B.?

1.2.2. Problemas específicos:

- ¿Cuáles son las fuentes de aguas subterráneas utilizadas para consumo humano del entorno del vertedero del Km 22 C.F.B.?
- ¿Qué es el grado de concentración de contaminantes presentes en las fuentes de aguas subterráneas utilizadas para consumo humano del entorno del vertedero del Km 22 C.F.B.?
- ¿Cuál es la interpretación geográfica de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las fuentes de aguas subterráneas utilizadas para consumo humano del entorno del vertedero de km 22 C.F.B.?

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1.1. Ubicación

El estudio se realizó en un área de 1.5 km a la redonda del vertedero del Km. 22, que es el predio municipal de la provincia de Coronel Portillo que se encuentra en el sector del distrito de Campo Verde a 193 m.s.n.m., a la altura del Km. 22 de la carretera Pucallpa-Aguaytía, en un área rural al Noreste del distrito, colindante con la CC.NN Nuevo Unión y el caserío La Victoria. El vertedero tiene una extensión aproximada de 38.22 Ha. (Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos MPCP, 2012).

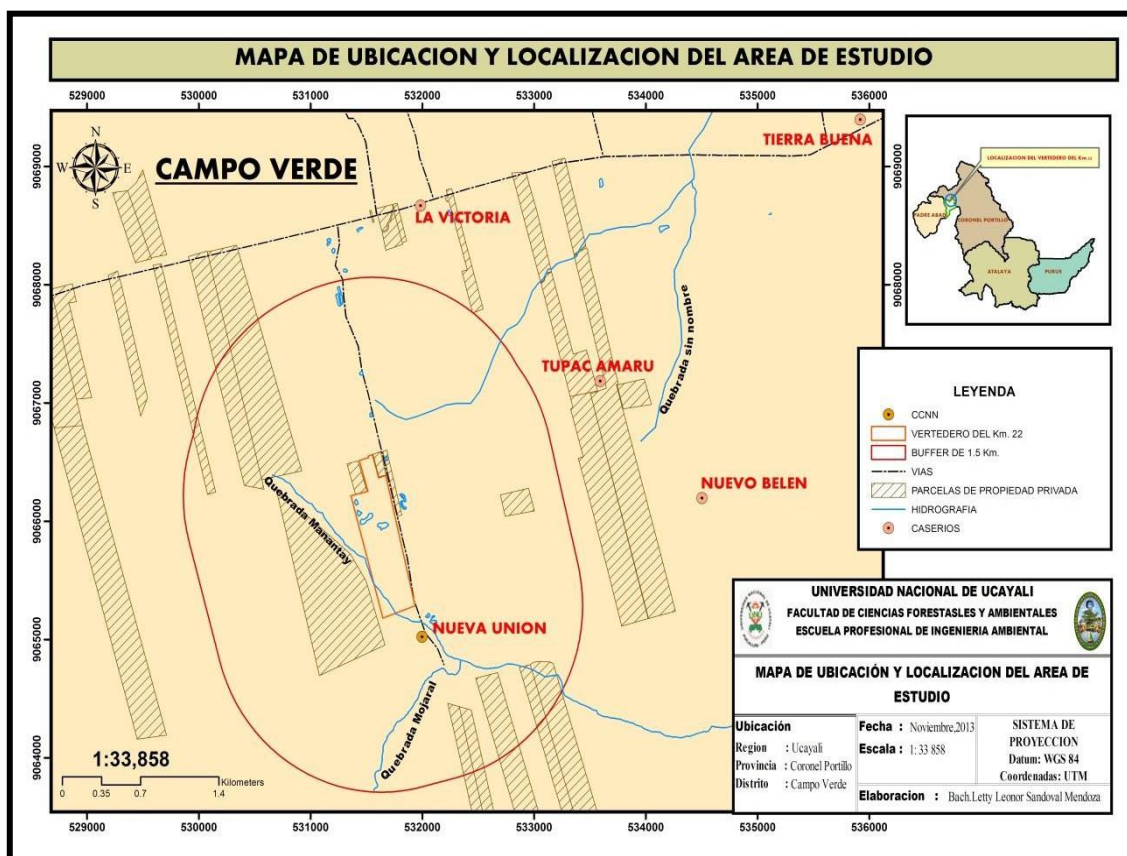


Figura 1. Mapa de ubicación y localización del área de estudio
Elaboración Propia

Las coordenadas geográficas del vertedero son las siguientes:

Tabla 1: Coordenadas geográficas del vertedero del Km. 22

VERTICE	Coordenadas UTM-WGS 84 del vertedero del km. 22	
	Este (m)	Norte (m)
V1	531552.825	9066561.284
V2	531608.841	9066368.029
V3	531673.260	9066386.234
V4	531935.135	9065285.518
V5	531632.648	9065209.897
V6	531363.771	9066212.584
V7	531510.813	9066257.397
V8	531436.592	9066516.472
V9	531519.216	9066541.679
V10	531516.415	9066552.882
AREA : 38.22 Ha		

Fuente: Ampliación, Mejoramiento de la gestión integral de residuos sólidos municipales de la ciudad de Pucallpa MPCP, 2011.

2.1.2. Límites

Limita al norte con fundos ganaderos, al este con el caserío la Victoria y más lejano a 1.7 km con los Caseríos: Túpac Amaru y Nuevo Belén, al oeste con fundos ganaderos y al sur con la Comunidad Nativa Nueva Unión.

2.1.3. Accesibilidad

Se accede a la zona a través de la carretera Federico Basadre (Km. 22) y se ingresa al área por una vía carrozable de 3.2 km que a causa de las lluvias debe ser permanentemente mantenida y rellenada con ripio.

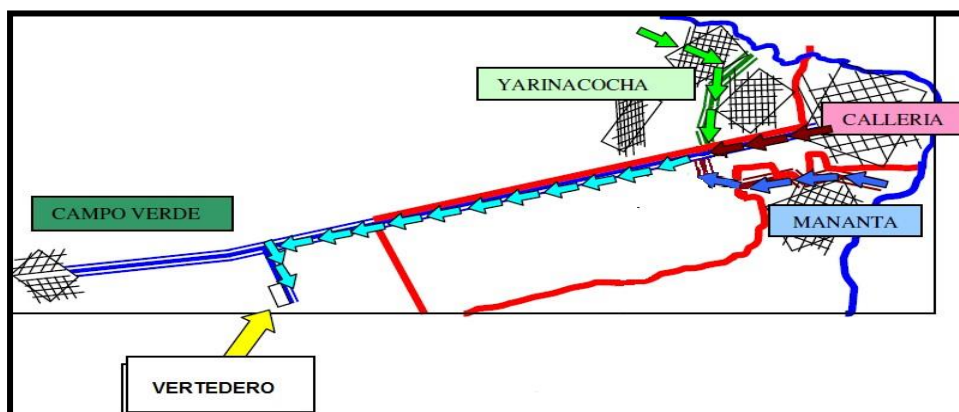


Figura 2: Rutas de acceso al vertedero del Km. 22

Fuente: Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos MPCP, 2012

2.1.4. Clima

El clima es caluroso – húmedo, muy tropical propio de la subregión selva baja, se caracteriza por temperaturas regularmente constantes con promedios de 25°C, alcanzando temperaturas máximas de 33.7° C y mínimas de 18.9° C, excepcionalmente puede llegar hasta los 41°C; la humedad es alta, entre 83 % y 90 % favorecida por la evaporación que se produce en los cursos de aguas y lugares pantanosos que se pueden observar a los alrededores, las lluvias en los meses de octubre hasta abril son muy intensas, y la precipitación anual es de 2,500 mm; algunas veces llega a los 5,000 mm, en los últimos años el clima está cambiando, se vienen notando días de frío y calor intenso, con lluvias en cualquier época del año, aspectos que antes no se tenía, y básicamente se deben al cambio climático mundial consecuencia del calentamiento global, y la depredación de los recursos naturales (Plan de Desarrollo Concertado MDCV, 2010).

2.1.5. Suelos y tierra según su capacidad de uso mayor

2.1.5.1. Suelos

El principal tipo de suelo que se encuentran en el área de estudio es el Ultisol, se caracteriza por ser rojo y amarillo, de baja fertilidad natural, con un marcado contenido de arcillas, generalmente profundo y bien drenado, susceptible a la erosión por estar usualmente en colinas y laderas.

Presenta un pH ácido por debajo de 4.6%, bajo contenido de materia orgánica menor de 2.29%, de permeabilidad buena a moderada, bajo contenido de nitrógeno, potasio, fósforo, baja capacidad de intercambio catiónico, alta saturación de aluminio mayor de 60%. Este suelo predomina en los distritos de Campo Verde, Padre Abad, Irazola, Nueva Requena, Neshuya y Curimaná.

Este suelo también se denomina como "Acrisol" y "Podzólicos Rojo Amarillos" en otros sistemas de clasificación. (Caracterización del departamento de Ucayali con fines de ordenamiento territorial, 2007).

El suelo del área de estudio hasta una profundidad de 0.70 m, está constituido por un horizonte de arena limosa de grano fino húmeda baja plasticidad, color oxido sin olor de cementación débil. El segundo horizonte es una arcilla inorgánica húmeda de consistencia firme, tenacidad y plasticidad alta, de color rojo con intrusiones blancas, escasos restos orgánicos.

Se puede deducir que el suelo predominante por debajo del nivel lo constituye un suelo areno arcilloso de baja plasticidad. (Ampliación, Mejoramiento de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales de la Ciudad de Pucallpa MPCP, 2011).

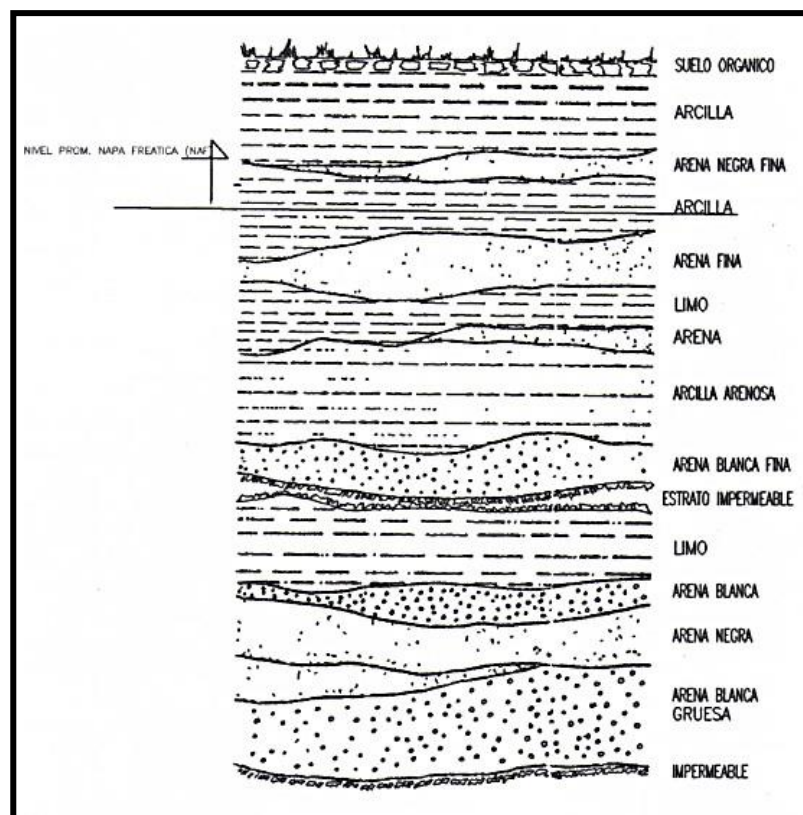


Figura 3. Perfiles estratigráficos característicos de la zona
Fuente: Ampliación, Mejoramiento de la gestión integral de residuos sólidos Municipales de la ciudad de Pucallpa MPCP, 2011.

2.1.5.2. Tierras según su capacidad de uso mayor

Respecto a la capacidad de uso mayor de tierra, certificada por el ex Instituto Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), el área de estudio se halla clasificada en su mayoría como zona (tierra) de protección, asociada a zonas de producción forestal, así mismo como zona apta para producción forestal, asociados con zonas para cultivos permanentes y cultivos en limpio.

2.1.6. Geología

El área de estudio está conformada por depósitos cuaternarios representados por llanuras aluviales que dificultan la libre exposición de las secuencias litológicas subyacentes, la coloración es variable y está relacionada con los sedimentos subyacentes de donde provienen, los colores pueden variar entre marrón oscuro a marrón rojizo amarillento. Asimismo la litología varía muy ligeramente pero por lo general son de composición arenoso arcilloso a limosos y arcillosos. (Ampliación, Mejoramiento de la gestión integral de residuos sólidos municipales de la ciudad de Pucallpa MPCP, 2011).

2.1.7. Topografía

El área de estudio presenta una topografía suavemente ondulada, por el despliegue de amplias superficies planas, lomadas y zonas colinosas bajas, depresiones, terraza fluvial, ect. El terreno no presenta una diferencia de cotas significativas. (Ampliación, Mejoramiento, de la gestión integral de residuos sólidos municipales de la ciudad de Pucallpa MPCP, 2011).



Figura 4. Topografía del área de estudio

2.1.8. Hidrografía

El área de estudio se halla en la subcuenca Yarinacocha que pertenece a la cuenca del Bajo Ucayali. Dentro del área de estudio se observan cuerpos permanentes de agua superficial (ver Figura 5). La red hidrográfica está compuesta por la quebrada Manantay, que se caracteriza por presentar aguas de color negro que en época de lluvias desborda su cauce llegando por margen izquierda a inundar parte del área de estudio; la quebrada Mojaral y una quebrada sin nombre (ver Figura 6).



Figura 5. Cochas y zonas pantanosas del área de estudio

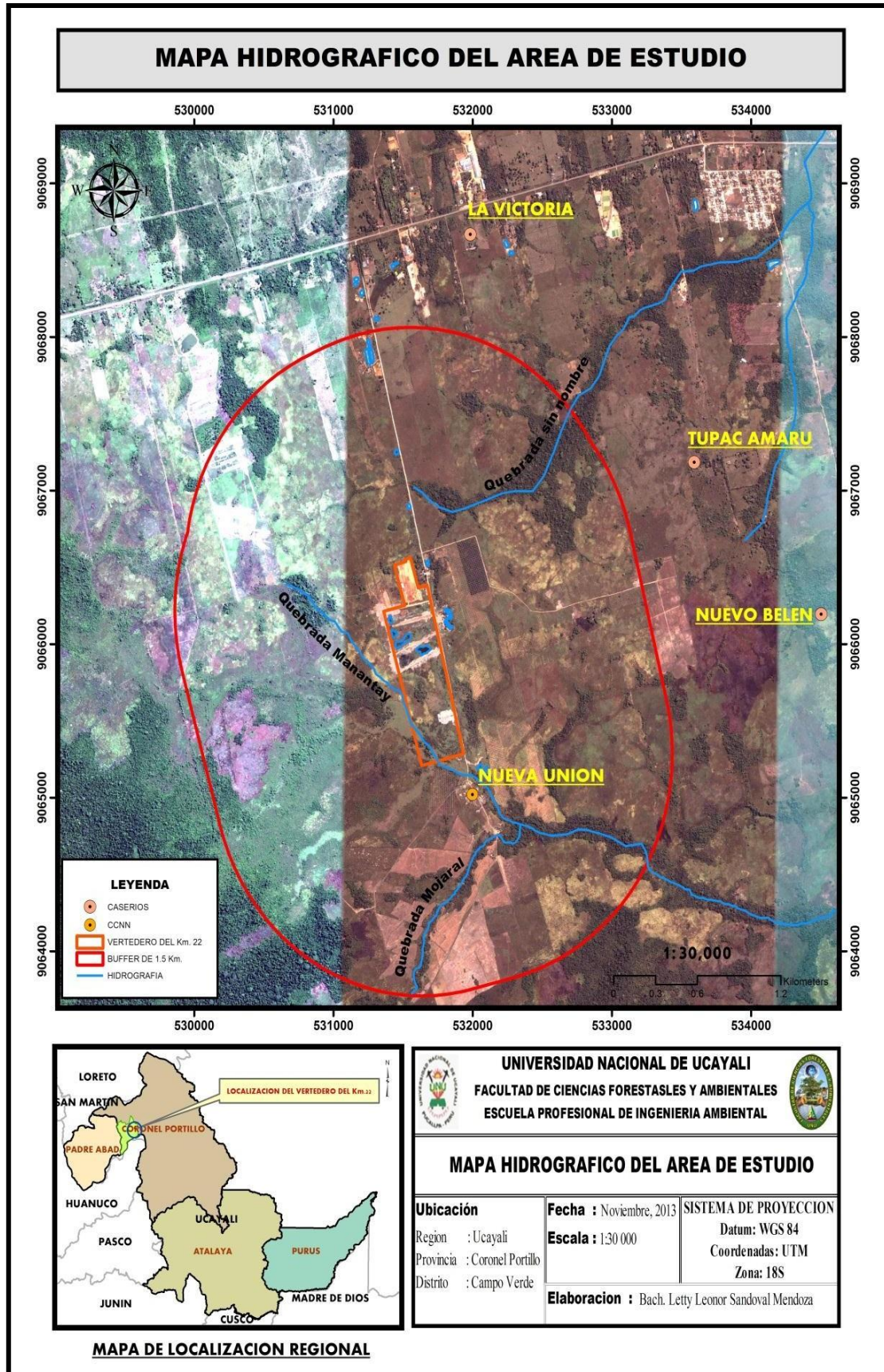


Figura 6: Mapa hidrográfico del área de estudio
 Elaboración Propia.

2.1.9. Aspectos demográficos

En el distrito de Campo Verde de acuerdo al Censo 2007 se establece una población total de 13,515 hab. de los que 6,179 son mujeres (45.72%) y 7,336 hombres (54.28%) (INEI, 2007). La mayor cantidad de población (77%) es joven cuyas edades son igual o menor a 39 años.

Tabla 2: Población por rango de edad en el distrito de Campo Verde

P: Edad en grupos quinquenales	P: según sexo		
	Hombre	Mujer	Total
De 0 a 4 años	819	774	1593
De 5 a 9 años	757	653	1410
De 10 a 14 años	887	837	1724
De 15 a 19 años	785	720	1505
De 20 a 24 años	597	578	1175
De 25 a 29 años	543	458	1001
De 30 a 34 años	493	436	929
De 35 a 39 años	454	387	841
De 40 a 44 años	475	320	795
De 45 a 49 años	373	288	661
De 50 a 54 años	316	208	524
De 55 a 59 años	247	181	428
De 60 a 64 años	188	112	300
De 65 a 69 años	149	82	231
De 70 a 74 años	133	63	196
De 75 a 79 años	68	52	120
De 80 a 84 años	34	19	53
De 85 a 89 años	11	8	19
De 90 a 94 años	6	2	8
De 95 a 99 años	1	1	2
Total	7,336	6,179	13,515

Fuente: INEI – Censos 2007.

De acuerdo a los datos proporcionados (Plan de Desarrollo Concertado MDCV, 2010) en la zona del Caserío La Victoria y La CC.NN Nueva Unión existen 105 hogares, todos ellos cercanos al vertedero del km. 22.

2.1.10. Actividades laborales de la comunidad

En el distrito de Campo Verde el 68.7 % de la población económicamente activa (PEA) , se dedica a la agricultura, ganadería, caza y silvicultura, por eso es un distrito eminentemente agropecuario, solo el 1.5 % se dedica a la industria manufacturera, lo que indica una muy débil

industrialización, el 6 % se dedica al comercio, el 3.6 % a transportes, almacenamiento y comunicaciones, el 2.6 a hoteles y restaurantes, el 1.3 % a construcción, el 1.1 % se ocupa en la administración pública, el 0.7 % se dedica a actividades sociales y de salud, y el 8.8% se dedica a actividades económicas no especificadas.



Figura 7. Población del área de estudio

Tabla 3: Actividad de la población ocupada según PEA en el distrito de Campo Verde

VARIABLE / INDICADOR	CANTIDAD DE POBLACION	%
PEA ocupada según actividad económica	4433	100
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	3044	68,7
Pesca	8	0,2
Industrias manufactureras	65	1,5
Suministro de electricidad, gas y agua	4	0,1
Construcción	59	1,3
Comercio	266	6
Venta, mantenimiento y reparación de vehículos automotriz y motocarro	26	0,6
Hoteles y restaurantes	114	2,6
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	160	3,6
Actividad inmobiliaria, empresas y alquileres	49	1,1
Administración pública y defensa; p. segur.soc.afil	48	1,1
Enseñanza	63	1,4
Servicios sociales y de salud	31	0,7
Otras activ. serv.comun.soc y personales	44	1
Hogares privados con servicio doméstico	62	1,4
Actividad económica no especificada	390	8,8

Fuente: INEI-Censos 2007

La mayoría de la población que habita en las proximidades del vertedero del Km. 22 pertenecen al estrato socioeconómico bajo (Plan de Desarrollo Concertado MDCV, 2010). Las principales actividades laborales de esta zona son las siguientes:

2.1.10.1. Porcicultura

Gracias a los residuos alimenticios que son vertidos diariamente en el frente de trabajo del vertedero, la principal actividad es la crianza de cerdos, pero las condiciones de alimentación de estos animales no presentan las condiciones sanitarias adecuadas.



Figura 8: Actividades de porcicultura en el vertedero del Km. 22

2.1.10.2. Reciclaje

Una de las actividades económicas especialmente para las mujeres es el reciclaje de residuos sólidos principalmente plásticos, esta práctica se realiza de manera informal y en condiciones sanitarias inadecuadas. De acuerdo a las conversaciones con mujeres que realizan este trabajo mencionan que los ingresos percibidos por reciclaje son bajos.



Figura 9: Reciclaje en el vertedero del Km. 22

2.1.11. Sistema de abastecimiento de agua

Según los censos del 2007 el 75.55 % de la población distrito de Campo Verde consume agua de pozo no potable, el 12.3 % de los habitantes consumen agua de río o acequia no potable. Respecto a la población del Caserío La Victoria y CC.NN Nueva Unión que se encuentran a los alrededores del vertedero el 100% consume agua de pozo no potable.

Tabla 4: Sistema de abastecimiento de agua en el distrito de Campo Verde

Categorías	Casos	%
Red pública Dentro (Agua potable)	112	3,31
Red Pública Fuera	83	2,45
Pilón de uso público	71	2,1
Camión, cisterna	6	0,18
Pozo	2555	75,55
Río, acequia	416	12,3
Vecino	127	3,75
Otro	12	0,36
Total	3382	100

Fuente: INEI-Censos 2007

2.1.12. Sistema de alcantarillado sanitario

En el distrito de Campo Verde el 11.09 % de las viviendas cuenta con pozo séptico, el 76.35 % cuenta con pozo ciego, y lo más preocupante es que el 10.64 % de viviendas no tiene servicios higiénicos de ningún tipo, o sea sus necesidades fisiológicas lo hacen a campo abierto, la razón es que en el distrito no se cuenta con desagüe, y se necesita con urgencia la implementación de sistemas de eliminación de excretas con la finalidad de preservar la salud de los pobladores y el mejoramiento del ambiente.

Tabla 5: Sistema de alcantarillado en el distrito de Campo Verde

Categorías	Casos	%
Red pública dentro de la vivienda	38	1,12
Red pública fuera de la vivienda	27	0,8
Pozo séptico	375	11,09
Pozo ciego	2582	76,35
Río, acequia	47	1,39
No tiene	313	9,25
Total	3382	100

Fuente: INEI-Censos 2007



Figura 10. Inexistencia del sistema de alcantarillado en el área de estudio

2.2. AGUA SUBTERRÁNEA

El agua subterránea forma parte del ciclo hidrológico, consiste en la continua circulación de agua entre la atmósfera, el subsuelo y las corrientes superficiales (ver Figura 11). Las precipitaciones se depositan en la superficie del suelo (Menendez, 2010). Posteriormente, el agua se distribuye por la superficie del terreno en forma de escorrentía o flujo superficial, o bien infiltrándose. En el primer caso, la concentración de agua da lugar a la formación de un flujo canalizado, que se puede acumular en corrientes y ríos, para llegar finalmente al océano. En el último caso, el agua infiltrada percola por gravedad (infiltración) hasta alcanzar un depósito subterráneo, o es devuelta a la atmósfera (evaporación).

Las aguas infiltradas no evaporadas son conducidas hacia el medio subterráneo. Inicialmente atraviesan la zona no saturada, donde los poros existentes entre las partículas del suelo contienen tierra, humedad y aire. El agua puede abandonar esta zona y alcanzar la zona saturada, o bien permanecer en forma de humedad del suelo para luego ser devuelta a la atmósfera por medio de la vegetación, o por acción animal, en un proceso denominado evapotranspiración. Cuando el agua alcanza la zona saturada, va fluyendo desde áreas de alta carga hidráulica a otras de baja carga.

Los estratos o capas del subsuelo que facilitan el movimiento de las aguas se denominan acuíferos. Una vez incorporada al acuífero, se desplaza a través de los poros de los materiales subterráneos y puede reaparecer en superficie en aquellas zonas de niveles inferiores a los de recarga, descargando naturalmente en forma de manantiales o alimentando directamente al cauce, manteniendo el caudal de estiaje de los ríos (ver Figura 12).



Figura 11: Elementos del flujo del agua subterránea

Fuente: Gloria Cerros. Un enfoque de gestión ambiental del recurso hídrico desde la perspectiva de la vulnerabilidad de acuíferos. 2007

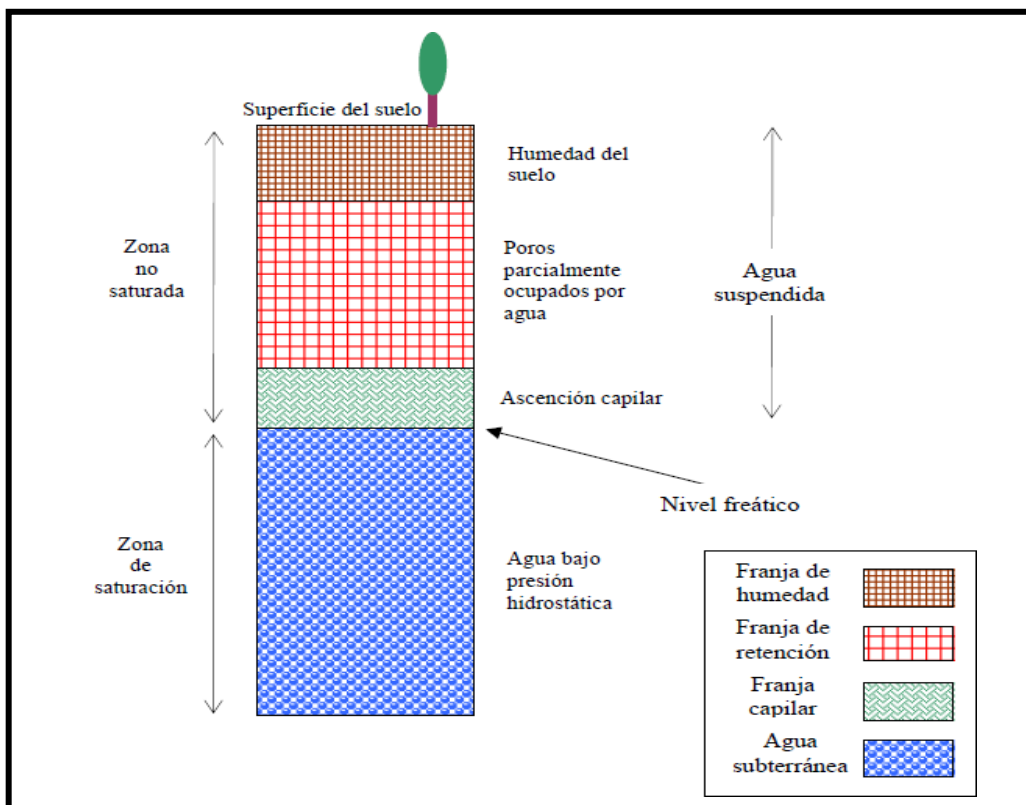


Figura 12: Esquematización de la distribución de agua en el suelo y subsuelo

Fuente: Transporte de contaminantes en el medio acuático, 2010

De acuerdo al Mapa hidrogeológico del Perú, el departamento de Ucayali es uno de los departamentos con más sobreabundancia de agua subterránea, y se caracteriza por poseer un acuífero continuo de extensión regional. Su capacidad específica promedio es muy alta y con más de 5 l/s/m.

La profundidad de la napa freática en el distrito de Campo Verde varía entre 2.50 y 18.00 m. La conductividad eléctrica fluctúa de 0.015 a 0.97 mmhos/cm, valores que representan aguas de baja mineralización. El pH fluctúa de 3.68 a 8.10, valores que representan aguas muy ácidas a alcalinas.

La calidad de las aguas con fines de riego según la conductividad eléctrica varía de excelente a buena. El nivel de los sólidos totales disueltos varía de 0,01 ppm a 351 ppm, valores que representan aguas de aceptable calidad. En la mayoría de sectores del distrito de Campo Verde, las aguas subterráneas no son aptas para consumo humano, requieren ser tratadas antes de consumirse. La profundidad de la napa freática en el área de estudio varía entre 2.50 m y 13 m. (Estudio geológico geotécnico del área del relleno sanitario de Pucallpa MPCP, 2006).

2.2.1. Características físicas del agua subterránea

- **Color:** Es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible. No se pueden atribuir a ningún constituyente en exclusiva, aunque ciertos colores de aguas naturales son indicativos de ciertos contaminantes. El agua pura sólo es azulada en grandes espesores. En general presenta colores inducidos por materiales orgánicos de los suelos vegetales, como el color amarillento debido a los ácidos húmicos. La presencia de hierro puede darle color rojizo, y la del manganeso un color negro. El color afecta estéticamente la potabilidad de las aguas, puede representar un potencial de ciertos productos cuando se utiliza como material de proceso (Custodio & Llamas, 2004).

- **Sabor y olor:** El sabor y olor del agua son determinaciones organolépticas de determinación subjetiva, para los que no existen instrumentos de observación, ni registro, ni unidades de medida. Tienen un interés evidente en las aguas potables destinadas al consumo humano. Las aguas adquieren un sabor salado a partir de los 300 ppm de Cl^- , y un gusto salado y amargo con más de 450 ppm de SO_4^{2-} . El CO_2 le da un gusto picante. Trazas de fenoles u otros compuestos orgánicos le confieren un color y sabor desagradables (Custodio & Llamas, 2004).

- **Conductividad eléctrica:** La conductividad es la capacidad del agua para conducir electricidad y la resistividad eléctrica se define analógicamente como el inverso de la conductividad. Las unidades son microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) para la conductividad; y para la resistividad Ohmio-m ($\Omega\text{-m}$). La variación de temperatura modifica notablemente la conductividad, para disoluciones diluidas se estima que el aumento de temperatura en 1°C se traduce en un aumento aproximado del 2% en la conductividad (Custodio & Llamas, 2004).

- **Temperatura:** Es el potencial calorífico en grados Celsius de un medio o cuerpo. En las aguas subterráneas este parámetro es muy poco variable y responde a la media anual de las temperaturas atmosféricas del lugar, algunos incrementos son producto de la actividad geotérmica (Custodio & Llamas, 2004).

- **Turbidez:** Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos que se presentan principalmente en aguas superficiales. Son difíciles de decantar y filtrar, y pueden dar lugar a la formación de depósitos en las conducciones de agua, equipos de proceso. La medición se hace por comparación con la turbidez inducida por diversas sustancias. La medición en ppm de SiO_2 fue la más

utilizada, pero, existen diferencias en los valores obtenidos según la sílice y la técnica empleadas por un laboratorio u otro. Las aguas subterráneas suelen tener valores inferiores a 1 ppm de sílice, pero las superficiales pueden alcanzar varias decenas. Las aguas con 1 ppm son muy transparentes y permiten ver a través de él hasta profundidades de 4 ó 5 m. (Custodio & Llamas, 2004).

- **Sólidos disueltos totales:** Es la cantidad total de sólidos disueltos en el agua. Está relacionada con la conductividad eléctrica mediante la fórmula $TDS = C.E. (mmhos/cm) \times 700; mg/L$ para considerarse TDS, las sustancias deben ser lo suficientemente pequeñas como para pasar una criba o filtración del tamaño de dos micras. La medida TDS tiene como principal aplicación el estudio de la calidad del agua de los ríos, lagos y arroyos. Aunque el TDS no tiene la consideración de contaminante grave, es un indicador de las características del agua y de la presencia de contaminantes químicos, es decir, de la composición química y concentración en sales y otras del agua (Custodio & Llamas, 2004).

2.2.2. Características químicas del agua subterránea

- **pH:** Es el logaritmo negativo de la concentración de los iones hidrógenos ($pH = -\log [H^+]$). El pH de una solución es una medida de su acidez o más exactamente, una medida de las concentraciones de iones $[H^+]$ en la solución. Juega un papel importante en muchos procesos químicos y biológicos de las aguas subterráneas tales como el equilibrio de carbonatos, procesos redox, solubilidad de metales pesados entre otros (Custodio & Llamas, 2004).
- **Reacciones Redox:** Los sistemas redox son los que cambian sus estados de valencia al reaccionar, oxidándose unas veces y reduciéndose otras. Es medido por el potencial redox (EH) que mide la estabilidad de un ión en un nivel de oxidación

determinado y viene dado por la ecuación de Nernst (Custodio & Llamas, 2004).

- **Oxígeno disuelto:** Es incorporado en el agua por medio de la disolución del aire al momento de la lluvia y por gases contenidos en la zona no saturada. Su presencia es causante de un medio oxidante importante en la solubilización o insolubilización de iones en el agua con capacidad de cambiar sus valencias y controlar la actividad de los microorganismos en el subsuelo. En la mayoría de las aguas subterráneas las concentraciones oscilan entre 0 y 5 mgL⁻¹; aunque son frecuentes las concentraciones inferiores a 2 mgL⁻¹ (Custodio & Llamas, 2004).
- **Dureza:** Mide la capacidad de un agua para consumir jabón o producir incrustaciones. En la actualidad se le identifica con el contenido en iones alcalinotérreos (Ca⁺² y Mg⁺² principalmente), con las mismas unidades que la alcalinidad. La dureza de las aguas subterráneas varía entre 10 y 300 mgL⁻¹ de CO₃Ca pudiendo llegar a 1000 mgL⁻¹ o más (Custodio & Llamas, 2004).
- **Alcalinidad:** Se le conoce como la capacidad de un agua para neutralizar ácidos, usualmente es expresado como mg.l⁻¹ de CO₃Ca o meqL⁻¹. En la mayoría de las aguas naturales la alcalinidad está producida por los iones carbonato y bicarbonato, los valores están entre 100 mgL⁻¹ y 300 mgL⁻¹ a veces entre 50 y 500 mgL⁻¹ de CO₃Ca, excepcionalmente hasta 1000 mgL⁻¹ (Custodio & Llamas, 2004).
- **Demanda química de oxígeno (DQO):** Es la capacidad del agua para consumir oxidantes en procesos químicos, mide el contenido en materiales orgánicos oxidables y otras sustancias que consumen oxígeno como el hierro (II), manganeso (II), amonio, etc. Es un dato semicuantitativo con unidades mgL⁻¹ de O₂. En aguas subterráneas no contaminadas los valores oscilan entre 1 y 5 mgL⁻¹ de O₂. Valores superiores a 10 mg.l⁻¹ puede

ser un claro indicio de contaminación. Valores elevados pueden explicar los malos sabores en el agua de consumo humano (Custodio & Llamas, 2004).

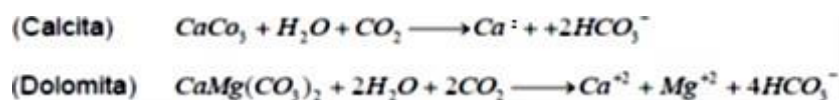
- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅):** Es una medida de la cantidad de oxígeno necesario para eliminar la materia orgánica contenida en un agua mediante los procesos biológicos aeróbicos referido a 5 días. Es una de las medidas de la contaminación en aguas superficiales y aguas subterráneas por lo general con valores menores a 1 mgL⁻¹ de O₂. Valores altos indican contaminación (Custodio & Llamas, 2004).
- **Constituyentes iónicos principales y secundarios:** La gran mayoría de las sustancias disueltas en agua subterránea se encuentran en estado iónico. En el agua subterránea los cationes y los aniones fundamentales son los siguientes:

- **Aniones**

- **Cloruros (Cl⁻):** Se encuentran formando sales muy solubles asociados al ión sodio pero no quiere decir que ambos estén en iguales proporciones; es estable y difícilmente precipitable, no se oxida ni se reduce en las aguas naturales. Las concentraciones del ión cloruro en aguas naturales se encuentra entre 10 y 250 mgL⁻¹; una concentración de 300 mgL⁻¹ confiere sabor salado al agua aunque se pueden presentar valores superiores a estos entre 18000 y 22000 mgL⁻¹ como los medidos en agua de mar (Custodio & Llamas, 2004).
- **Sulfatos (SO₄⁻²):** El origen principal es la disolución del yeso, anhidrita y terrenos yesíferos, también puede proceder de terrenos formados en condiciones de gran aridez o de un ambiente marino, oxidación de sulfuros de rocas ígneas, metamórficas o sedimentarias. Puede precipitar como SO₄Ca y raramente en forma de SO₄Sr o SO₄Ba, la solubilidad de yeso en agua pura es de 2.095 gL⁻¹ pudiendo llegar a 7.30 gL⁻¹ si el contenido de ClNa es de 131 gL⁻¹. Esto indica que el sulfato es muy soluble cuando

hay altas salinidades, situación que es favorecida en lixiviados de basureros e industrias de curtido de cuero donde son usadas sales de cromo en los procesos (Custodio & Llamas, 2004).

- **Bicarbonatos (HCO_3^-) y Carbonatos (CO_3^{2-}):** La fuente principal en aguas subterráneas se inicia con la incorporación del CO_2 atmosférico o del suelo, de ácidos húmicos y oxidación de sulfuros que provocan la disolución de las calizas y dolomitas mediante la reacción siguiente:



Los iones HCO_3^- y CO_3^{2-} representan la alcalinidad del agua en el sentido que proporcionan la capacidad de neutralizar los ácidos al crear una solución tampón que no es más que la capacidad que tiene esta sustancia ante un ácido para mantener una oposición entre la parte de componente básica de la ácida y mantener así un equilibrio en el pH. El ión bicarbonato se encuentra en el agua en un rango de 50 a 350 mgL^{-1} , algunas veces puede llegar hasta 800 mgL^{-1} (Custodio & Llamas, 2004).

- **Nitratos (NO_3^-):** Los nitratos, nitritos y amonio son iones especies del nitrógeno que deben ser considerados de forma conjunta, debido a la conversión que se da de una especie a la otra en los procesos redox (óxido-reductivos), que son dominados por la presencia o ausencia de oxígeno y por la acción de bacterias específicas, que actúan como catalizadores de las reacciones. Al proceso de oxidación de compuestos reducidos de nitrógeno se le denomina Nitrificación; mientras que a la reducción de compuestos oxidados de nitrógeno se le conoce como Desnitrificación (Custodio & Llamas, 2004).
- **Los nitritos (NO_2^-):** se forman bajo las mismas condiciones pero por oxidación incompleta; y debido a esto se encuentran en pequeñas concentraciones, ya que se encuentran en un estado intermedio entre la oxidación

completa (nitratos) y la reducción (amonio), por lo que es muy fácil el que transiten de una zona a otra (Custodio & Llamas, 2004).

- **El amonio (NH_4^+):** predomina cuando hay total ausencia de oxígeno (condiciones anaeróbicas, estado reductivo), el cual, si llega a tener contacto con el aire se oxida con facilidad a N_2 , NO_2^- o NO_3^- . Los nitratos son originados por los procesos naturales de nitrificación bacteriana, descomposición de la materia orgánica, contaminación urbana, industrial y ganadera. En muchos casos se asocia a ambientes contaminados en cuyo caso se presenta de forma estratificada encontrándose concentraciones mayores en las partes someras del acuífero. Se encuentra normalmente en concentraciones entre 0.1 y 10 mgL^{-1} ; pero en aguas contaminadas puede llegar a 200 mg.L^{-1} y en algunos casos hasta 1000 mgL^{-1} (Custodio & Llamas, 2004).
 - **Sílice (Si^+):** El origen de la sílice en el agua subterránea es producto de los procesos de hidrólisis de feldspatos y silicatos. Cuando el pH desciende la sílice precipita, por consiguiente el CO_2 juega un papel muy importante en éste proceso de solubilización. La mayoría de las aguas subterráneas presentan concentraciones entre 1 y 140 mgL^{-1} en forma de SiO_2 pudiendo llegar hasta 1000 mgL^{-1} en aguas bicarbonatadas sódicas (Custodio & Llamas, 2004).
- **Cationes**
 - **Calcio (Ca^{+2}):** Suele ser el catión principal en la mayoría de las aguas naturales debido a su amplia distribución en rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. En rocas ígneas aparece como constituyente esencial de los silicatos, especialmente en el grupo de las plagioclasas. Las concentraciones de calcio en el agua dulce varía de 10 a 250 mgL^{-1} y puede llegar hasta 600 mgL^{-1} en aguas con altos contenidos de selenio; en el agua de mar lo normal es

400 mgL⁻¹ excepcionalmente 50,000 mgL⁻¹ en salmueras de Cl₂Ca. Su solubilidad en solución depende del equilibrio de CO₂-CO₃H-CO₃⁻² que se ve afectado por el intercambio iónico y puede llegar a precipitarse con facilidad como carbonato de calcio. (Custodio & Llamas, 2004).

- **Magnesio (Mg⁺²):** El magnesio es menos abundante que el Ca⁺² en aguas naturales, procede de la disolución de rocas carbonatadas (dolomitas y calizas dolomíticas), evaporitas y de la alteración de silicatos magnésicos y ferromagnesianos. Los procesos de intercambio iónico influyen también en las concentraciones de Mg⁺² en aguas subterráneas, se disuelve más lento que el calcio, pero es más soluble y tiende a permanecer en solución cuando el calcio precipita. En aguas dulces naturales el contenido en ión Mg⁺² no suele sobrepasar 40 mgL⁻¹; en terrenos calcáreos pueden sobrepasar a veces 100 mgL⁻¹, y en terrenos evaporíticos pueden alcanzar valores de 1,000 mgL⁻¹. Sodio (Na⁺) (Custodio & Llamas, 2004).
- **Potasio (K⁺):** Originado por el ataque a las ortosas y otros silicatos, en ocasiones procede de la contaminación industrial, minera y agrícola. Tiende a fijarse irreversiblemente en procesos de formación de arcillas y en las superficies de minerales con alta capacidad de intercambio iónico, por ello su concentración en aguas subterráneas naturales es generalmente mucho menor que la del sodio. Las concentraciones del ión potasio varían de 0.1 a 10 mgL⁻¹ en aguas dulces (Custodio & Llamas, 2004).
- **Hierro (Fe⁺³):** Originado por disolución de silicatos ferríferos, rocas sedimentarias, sulfuros y óxidos de hierro, algunas veces puede proceder del entubado de pozos. La concentración de este elemento en el agua está controlada

por procesos de equilibrio químico como oxidación-reducción, precipitación, disolución de hidróxidos, carbonatos y sulfuros. Las concentraciones de hierro oscilan entre 1 y 10 mgL⁻¹ aunque en aguas con pH entre 6 y 8 llega a presentar concentraciones de 50 mgL⁻¹. Cuando los bicarbonatos se encuentran por debajo de 61.0 mgL⁻¹, lo normal es que se encuentre en concentraciones inferiores a 0.1 mgL⁻¹ (Custodio & Llamas, 2004).

➤ Metales pesados

Los metales pesados son el grupo de elementos químicos que tienen una densidad relativamente alta y se caracterizan por su toxicidad en concentraciones bajas. Entre este grupo se incluyen el mercurio (Hg), aluminio (Al), cadmio (Cd), cobre (Cu), litio (Li), manganeso (Mn), níquel (Ni), arsénico (As), cromo (Cr), plomo (Pb) y zinc (Zn). Estos elementos son componentes naturales de la corteza terrestre, no se degradan o destruyen. En pequeñas concentraciones son incorporados por las plantas y animales. La ingesta por los animales se hace a través de los alimentos, agua potable y el aire. Algunos de estos metales son esenciales para el metabolismo celular. Sin embargo, en concentraciones altas pueden conducir al envenenamiento. Ejemplo de ellos son el cobre, selenio, cinc, entre otros (Moore & Ramamoorthy, 2007).

Los metales pesados son poco solubles en el medio hidrogeológico, sin embargo, el ambiente ácido generado por los procesos óxido-reductores provocan la incorporación y la movilidad en el agua subterránea (Custodio & Llamas, 2004).

2.3. CONTAMINANTES DEL AGUA SUBTERRÁNEA GENERADA EN LOS VERTEDEROS

2.3.1. Formación de lixiviado

Los lixiviados se generan como resultado de la percolación de líquidos a través de los desechos, la acumulación de humedad producto de la descomposición bacteriana y de la presión que ejercen las capas superiores de residuos depositados en vertederos a cielo abierto o rellenos sanitarios. En el proceso de percolación, el agua solubiliza y arrastra el material orgánico e inorgánico.

Los lixiviados se consideran como una consecuencia inevitable de la disposición de residuos y una alta amenaza de contaminación ambiental, debido a la migración del lixiviado hacia aguas subterráneas. La cantidad de lixiviados se incrementa hacia la fase anaeróbica del proceso de transformación de residuos (Suthersan, 2005).

El agua que sale del vertedero lo hace por vía superficial, subsuperficial, por evaporación y en mayor proporción como lixiviados que puede incorporarse a la zona no saturada, la cual se encuentra gobernada por las condiciones hidrogeológicas del área.

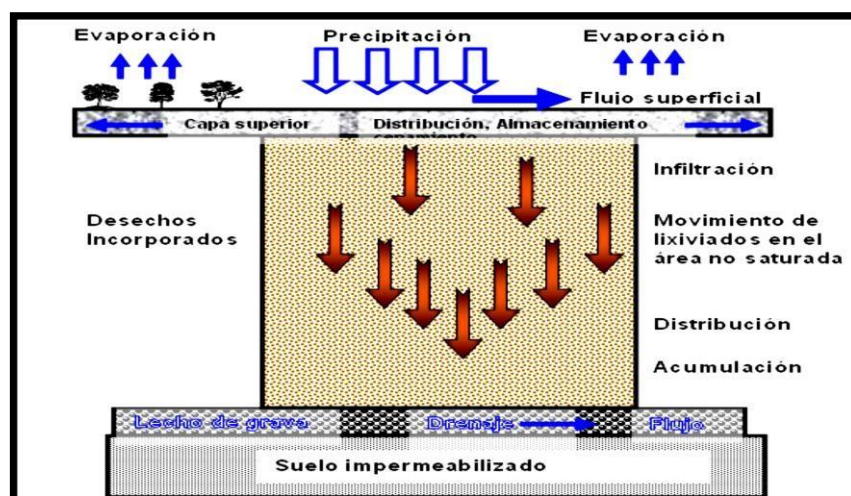


Figura 13: Modelo conceptual del movimiento de lixiviados en vertederos

Fuente: Modelo conceptual del movimiento de lixiviados en vertederos (Ehrig, 1999)

La valoración del potencial productivo de lixiviados se logra preparando un equilibrio de agua en el vertedero, esto implica sumar la cantidad de agua que entra al vertedero, la humedad del propio desecho sólido, la humedad del material de cobertura y restar los volúmenes consumidos en las reacciones químicas, pérdidas en forma de vapor de agua saturada en gas. Todo se resume en la siguiente ecuación (Kreithh, 2004).

$$\Delta S_{SW} = W_{SW} + W_{TS} + W_{CM} + W_{A(R)} + W_{LG} + W_{WV} + W_E + W_{B(L)}$$

Donde:

- ΔS_{SW} : Cambio en la cantidad de agua almacenada en el desecho sólido en el vertedero (producción de lixiviados).
- W_{SW} : Humedad en el desecho sólido entrante al vertedero.
- W_{TS} : Humedad en el lodo que entra en la planta de tratamiento.
- W_{CM} : Humedad contenida en el material de cobertura.
- $W_{A(R)}$: Agua de la parte superior del vertedero correspondiente al agua de lluvia.
- W_{LG} : Agua que se pierde en la formación del gas de vertedero.
- W_{WV} : Pérdida como vapor saturado de agua con el gas del vertedero.
- W_E : Pérdida de agua por la superficie de evaporación.
- $W_{B(L)}$: Agua que sale del sistema de colección, correspondiente al lixiviado.

Para efecto de los cálculos del volumen de los lixiviados en el vertedero, se hará la estimación de acuerdo al grado de compactación del relleno, se considerará un porcentaje del agua de precipitación en el área y el tipo de compactación de la basura en el depósito final. Se propone un 40% de la tasa de precipitación compactado con un equipo de oruga. (Ehrig, 1999).

$$\Delta S_{SW} = 0.40 * W_{A(R)}$$

Esto será lo más apropiado por que se carece de datos y metodologías que podamos implementar para estimar los volúmenes consumidos en las reacciones químicas, pérdidas de agua en forma de vapor saturado en gas, entre otros elementos

necesarios para la ecuación. La simplificación de la fórmula genera un mayor error en la estimación; sin embargo, el resultado será igualmente importante.

2.3.2. Composición del lixiviado

La composición de los lixiviados está determinada por los procesos de reacciones bioquímicas que se llevan a cabo en el vertedero y por las condiciones ambientales en el vertedero. Estas sustancias se incorporan al agua superficial y/o subterránea y su solubilidad es mayor cuando se dan los procesos bioquímicos o los productos finales correspondientes a los procesos de reacciones químicas en el vertedero (Ehring, 1999). Ejemplo de ello se tiene la solubilidad de los metales pesados cuando las condiciones de pH son ácidos.

Los procesos que tienen lugar en los vertederos pueden ser en condiciones aeróbicas o anaeróbicas. Una vez que se deposita la basura, los procesos iniciales son los aeróbicos que toman un período desde días a semanas hasta que se haya agotado el oxígeno contenido inicialmente. A partir de ésta condición se inicia la degradación en ausencia de oxígeno denominada degradación anaeróbica.

La descomposición anaeróbica se da en dos fases, en la primera, fermentación ácida, los organismos anaeróbicos descomponen las sustancias orgánicas iniciales tales como proteínas, grasas e hidratos de carbono en ácidos grasos menores, CO_2 e H_2 . Este proceso se da con la participación de diferentes organismos en condiciones de crecimiento óptimo y diferenciado (Ehrig, 1999).

Una vez bien avanzada la primera fase se tienen los productos ácido acético, ácido fórmico, dióxido de carbono gaseoso e H_2 que marcan el inicio de la segunda fase conocida como fermentación metanogénica. Esta es realizada por organismos estrictamente anaeróbicos, es decir, por bacterias conocidas como metanogénicas especialistas en descomponer los productos de la

fermentación ácida convirtiéndolas en metano, sustancias húmicas y agua. Las sustancias húmicas le confieren coloración a los lixiviados, generalmente es parduzca (Ehrig, 1999).

La tasa de crecimiento bacteriano es baja, determinada por las condiciones ambientales del medio ácido, la poca variación de temperatura y el suficiente contenido de humedad. La degradación en el relleno necesita de un equilibrio entre ambas fases.

La razón DBO_5/DQO refleja el grado de degradación de los lixiviados en el relleno y con ello los procesos de reacción bioquímica que están teniendo lugar en un momento determinado. La "fermentación ácida" está caracterizada por valores >0.4 ; es decir, una gran parte de la carga orgánica puede descomponerse bioquímicamente en forma fácil. En la fase de la fermentación metanogénica, por el contrario, se alcanzan valores <0.1 , que indican que la sustancia orgánica tiene dificultades para continuar su degradación (Ehrig, 1999). En otras palabras si la relación DBO_5/DQO es >0.3 se está en la presencia de lixiviados biodegradables; si está entre 0.1 a 0.3 son maduros; y estabilizados si es <0.1 (Bautista & Timoshina, 2005).

En un relleno o depósito primero se desarrollan las bacterias que realizan la fermentación ácida con una alta tasa de crecimiento. Las bacterias metanogénicas no pueden mantenerse al mismo paso de este proceso porque su tasa de crecimiento es menor, además que los residuos de la fermentación ácida cambian las condiciones ambientales en forma desfavorables, de modo que hay una reducción aún más del crecimiento, esto hace que el equilibrio en la descomposición se logre después de algunos años en el relleno.

La estructura de los materiales orgánicos e inorgánicos en el vertedero es transformada por la degradación bioquímica con lo que cambian las condiciones para la lixiviación y la absorción del

agua, así como la intensidad y tipo de procesos. El agua que percola sigue la fase de degradación predominante y las diferentes características de pH, carga orgánica que entre otros, dará diferentes condiciones de disolución, esto da una relación estrecha entre el agua y los procesos químicos, bioquímicos y físicos (Ehrig, 1999).

Las condiciones ambientales que se forman en los procesos aeróbicos provocan diferencias en solubilidad de compuestos metálicos cuyo rango de concentraciones está relacionado con los parámetros orgánicos, además, las solubilidades están influidas por la formación de complejos, quelatos y sulfuros.

Las características de los lixiviados varían de acuerdo al lugar de donde provienen, especialmente al tratamiento previo de los residuos depositados (separación) y a la edad del vertedero o relleno sanitario (tabla 6). Así mismo, el manejo del vertedero como la tecnología empleada, el grado de compactación, el tratamiento previo del residuo, la hidrogeología, el clima, la estación y la frecuencia de cubrición afectan la composición del lixiviado (Lutfi Al-Mefleh, 2004). Por ejemplo, Giraldo (2006), indica que los lixiviados en los rellenos sanitarios de los países en vías de desarrollo presentan concentraciones mayores de amoníaco y metales pesados, que aquellos países desarrollados.

Tabla 6: Diferencias generales de la composición de lixiviados según edad del vertedero

Indicador	Lixiviado de un vertedero joven	Lixiviado de un vertedero viejo
BBO ₅	Muy alto	Bajo
DQO	Muy alto	Alto
Amoniaco	Muy alto	Alto
pH	Muy alto	Bajo
Detergentes	Muy alto	Bajo
Sales disueltas	Muy alto	Baja (relativamente)
Agentes incrustantes (Fe, Ca, Mg)	Muy alto	Bajo
Metales pesados	Alto	Bajo

Fuente: Vica, Impacto ambiental y social de la inadecuada disposición de los residuos sólidos urbanos, 2011.

2.4. SITUACIÓN ACTUAL DEL VERTEDERO DEL KM. 22

2.4.1. Historia

Hasta el año 2004 la ciudad de Pucallpa transporto sus residuos sólidos al botadero a cielo abierto dentro de la ciudad, llamado 2 de Mayo, ubicado en un desvío ciego del río Ucayali en la localidad de Dos de mayo, distrito de Calleria, Provincia de Coronel Portillo (Pucallpa), en donde los residuos se arrojan directamente a un cuerpo de agua para hacer relleno, arrojándose aproximadamente 150 ton/día de residuos sólidos. En este lugar existían prácticas de segregación y reciclaje por parte de recicladores informales que frecuentaban o habitaban en el área y que a su vez se dedican a la crianza de cerdos y la quema de residuos, no presentando las condiciones técnicas ni sanitarias para disposición final de residuos sólidos (Hacia una Política Nacional de Clausura de Botaderos, 2002).

Es por ello que la municipalidad de Coronel Portillo (M.P.C.P.) tratando de dar solución al problema de la disposición final de residuos y en cumplimiento con el DS N° 06 de 1964, el que define como método de disposición final de residuos el relleno sanitario. Adquiere un área de 27 ha. para el relleno sanitario a la altura del Km. 22 por las ventajas con las que esta zona contaba: un área despoblada.

Es así que en 1998 se contaba ya con un pequeño perfil de construcción de la carretera al nuevo relleno que se encuentra en el Km. 22 C.F.B. Vía que era una trocha carrozable con muy poco trabajo de habilitación y con un tramo de vía de penetración de 3.2 Km. (Sandoval, 1998).

La municipalidad provincial de Coronel Portillo, el 2 de agosto del 2002 elabora el Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) de la ciudad de Pucallpa, participando también las municipalidades de Yarinacocha y Campo Verde, distritos que conforman la provincia. Pero debido a la falta de datos que sustentaran el PIGARS, en junio del 2004 decidió realizar el estudio

de caracterización de los residuos sólidos de la ciudad de Pucallpa y con dichos resultados actualizar el PIGARS.

En Julio del año 2004 se actualiza el PIGARS de la provincia de Coronel Portillo, documento que establecía que el botadero 2 de Mayo debía ser clausurado definitivamente. A partir de la fecha los residuos fueron dispuestos al terreno destinado a ser relleno sanitario, sin embargo no contaba con un expediente técnico por ende no existe un manejo sanitario de los gases y los líquidos lixiviados que se generan en el proceso de degradación de los residuos (PIGARS, 2004).

El 19 de Julio de 2004 la dirección ejecutiva de salud ambiental (DESA), en cumplimiento de sus funciones y facultades, realizó una inspección encontrando:

- En el KM. 22 C.F.B. margen izquierda se encuentra un letrero cuyo contenido dice: NUEVO RELLENO SANITARIO MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CORONEL PORTILLO.
- A 3 Km. Ingreso por la misma vía se encuentra el caserío La Victoria donde existen fundos ganaderos y una granja avícola.
- A unos 100 metros más adelante se encuentra el nuevo relleno sanitario denominado por la M.P.C.P., lo cual no es verdad toda vez que un relleno sanitario es una obra de ingeniería, dicho lugar es un vertedero donde se observa la presencia de recicladores (30 personas entre varones y mujeres) y niños menores de 5 años.
- A 40 metros del vertedero se encuentra la quebrada Manantay y a unos 700 metros la quebrada Mojaral.

En Julio de 2006 se presentó el expediente técnico del relleno sanitario de Pucallpa, convenio de cooperación entre la Municipalidad Provincial de Coronel Portillo (MPCP) y la ONG

Ciudad Saludable, a partir de la fecha se comenzaron a realizar muchas actividades para su implementación.

En Setiembre de 2008 se presentó el proyecto de inversión pública (PIP): “Ampliación y mejoramiento de la gestión integral de residuos sólidos municipales de la ciudad de Pucallpa, distrito de Callería, provincia de Coronel Portillo”, proyecto que busca dar solución al problema de manejo inadecuado de residuos en la provincia de Coronel Portillo, principalmente en lo que respecta a la disposición final, que está originando problemas de contaminación ambiental y riesgo para la salud de la población (PIP Coronel Portillo, 2008).

La vida útil del proyecto es de 10 años (2008-2018) con una población para el 2008 de 287,218 habitantes con un índice de crecimiento de 2.017% y para el año 2018 de 323, 778 habitantes (INEI, 2007), con una producción de residuos sólidos de 238.77 ton/día para el 2008 y un máximo de 309.36 ton/día para la finalización del proyecto año 2018 (PIP Coronel Portillo, 2008).

Actualmente se vienen disponiendo en el vertedero del Km. 22 los residuos sólidos de los distritos: Callería, Yarinacocha y Campo Verde, sin embargo sigue existiendo el problema de la inadecuada disposición de los residuos sólidos y se puede observar *insitu* el inicio de la obra de ejecución del relleno sanitario.

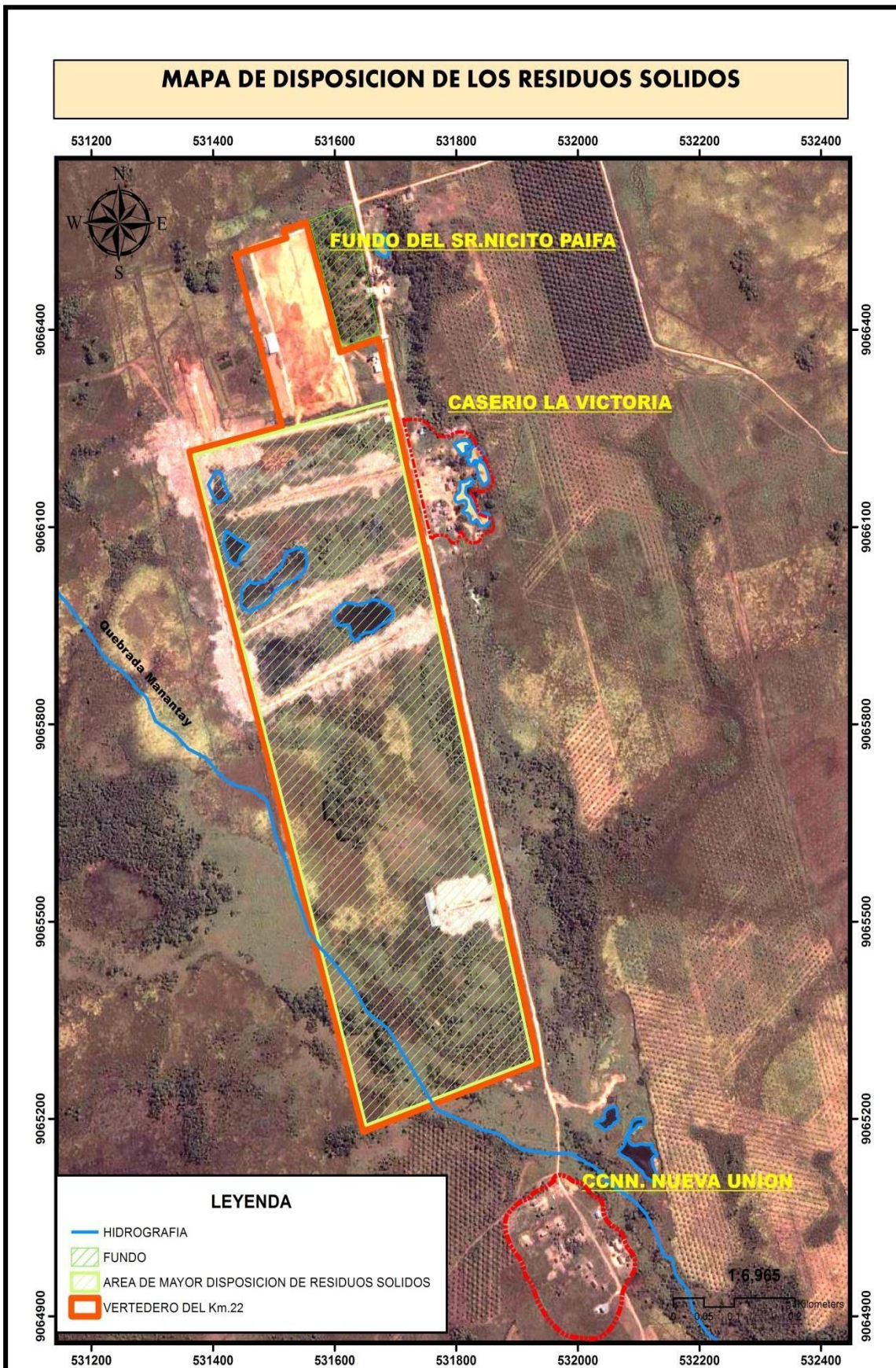


Figura 14: Mapa del área de mayor disposición de residuos sólidos en el vertedero del km.22
Elaboración Propia

2.4.2. Volumen de residuos ingresados

En los últimos años, debido al crecimiento poblacional de la Provincia de Coronel Portillo la generación de residuos sólidos ha sido incrementada en gran medida, a inicios en el vertedero se disponían los residuos sólidos generados en el distrito de Calleria aproximadamente 150 ton/día (Julio del año 2004), el proyecto fue diseñado para una capacidad máxima de 309.36 ton/día (año 2018) y un inicial de 238.77 ton/día (año 2008) (PIP Coronel Portillo, 2008).

El año 2012 ingreso al vertedero 94.68 mil toneladas y el año 2013 140.4 mil toneladas, hasta la actualidad Diciembre de 2013 al vertedero ingreso 589.68 mil toneladas, las mismas están en el vertedero.

Haciendo un análisis de los vehículos que ingresan basura al vertedero, se tiene 69% camiones basureros de carga lateral, 28% volquete y 3% otros tipos de vehículos.

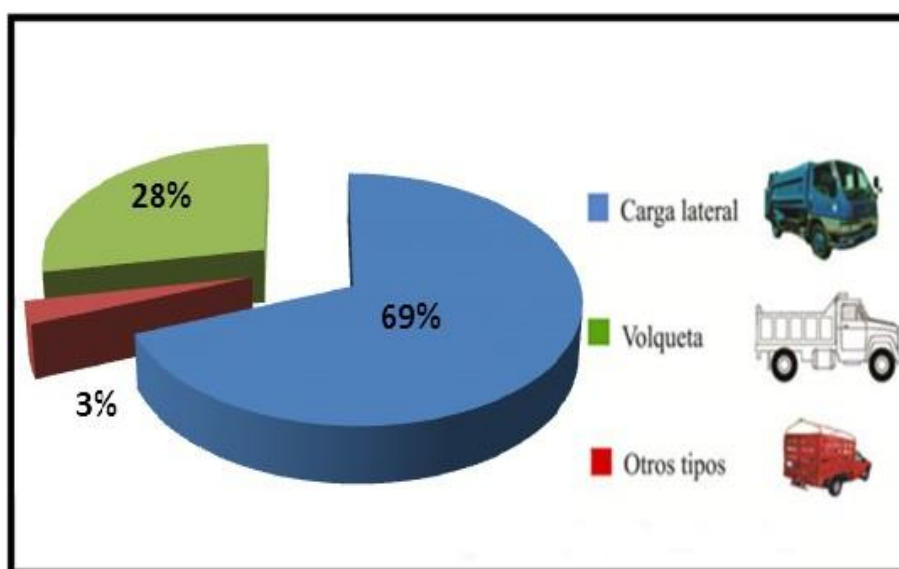


Figura 15: Tipo de vehículos ingresados al vertedero del Km. 22
Elaboración propia

2.4.3. Características de residuos generados

Estudios actuales sobre la caracterización de los Residuos Sólidos Domiciliarios de los distritos de Calleria, Yarinacocha y Campo Verde donde se determina la composición física media de los residuos domiciliarios y reporta fundamentalmente un 66.03% de materia orgánica. En cuanto a metales es mínimo 3.02%, el resto, comprende residuos reciclables (fibra, metales, plásticos, vidrio, papel, etc.) y otros.

Tabla 7: Composición física de los residuos sólidos del distrito de Calleria expresado en porcentaje.

DESCRIPCIÓN	PROMEDIO %
Papel	2.22
Cartón	1.76
Pet	0.66
Plástico film	0.34
Plástico soplado	0.40
Plástico rígido	0.61
Bolsas plásticas	6.93
Metales ferrosos	1.13
Vidrios	2.68
Pañales, toallas higiénicas	5.16
Pilas	0.06
Jebe	1.31
Madera	0.74
Cuero	0.07
Huesos	0.11
Telas	1.49
Materia inerte	2.59
Materia orgánica	70.80
Tecnopor	0.31
Otros	0.63

Fuente: Estudio de caracterización de residuos sólidos 2012 – MPCP

Tabla 8: Composición física de los residuos sólidos del distrito de Yarinacocha expresado en porcentaje.

DESCRIPCION	PROMEDIO %
Papeles y cartones	9.6
Plástico	5.5
Metales	6.3
Vidrios	4
Madera y follajes	8.6
Huesos	1.5
Textiles	0.6
Materia orgánica	55.3
Otros	8.6

Fuente: Estudio de caracterización de residuos sólidos 2012– MDY

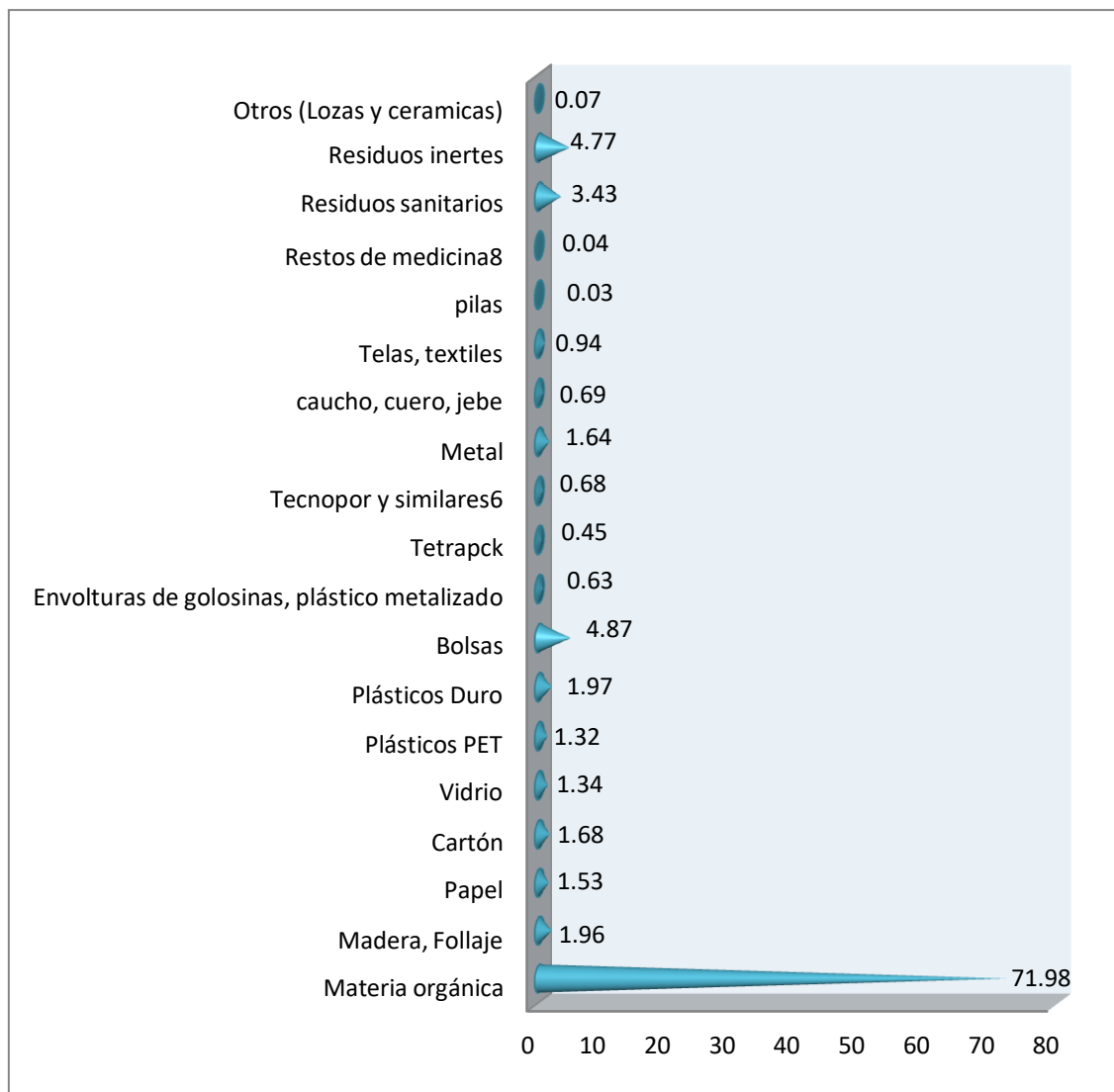


Figura 16: Composición física de los residuos sólidos del distrito de Campo Verde expresado en porcentaje.

Fuente: Estudio de caracterización de residuos sólidos 2013– MDCV

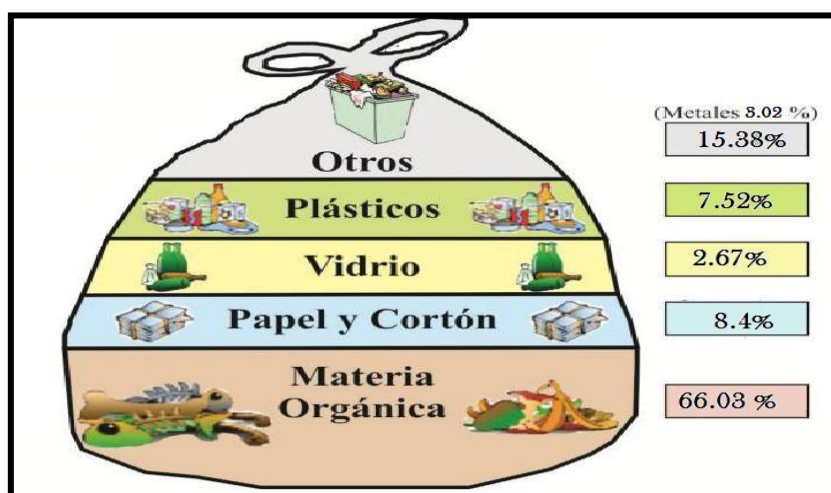


Figura 17: Caracterización media de residuos sólidos domiciliarios generados en los distritos de Calleria, Yarinacocha y Campo Verde
Elaboración Propia

2.4.4. Almacenamiento y tratamiento de lixiviados

En cuanto al almacenamiento y tratamiento de los lixiviados generados en el vertedero del Km. 22, estos no se realizan además el suelo no está permeabilizado.

El proyecto “Ampliación y mejoramiento de la gestión integral de residuos sólidos municipales de la ciudad de Pucallpa, distrito de Callería, provincia de Coronel Portillo” contempla la instalación de:

- **Drenaje de lixiviados:** Los lixiviados o líquidos percolados provenientes de diferentes fuentes tales como las reacciones de fermentación aerobia de la materia orgánica, la compactación de los residuos y las precipitaciones pluviales, serán canalizados mediante drenes colectores horizontales, instalados en la base del relleno sanitario, y conducidos hacia una poza, para su tratamiento y disposición final (PIP Coronel Portillo, 2008).

2.4.5. Generación de lixiviados

Tres estados son reconocidos en la formación de lixiviados de un relleno sanitario: Aerobio y anaerobio Acetogenesis y Metanogenesis (Qasim, y otros, 1994), típicamente tiene un alto

contenido de materia orgánica. En la Figura 18 se presenta un resumen esquemático del proceso.

El primer estado descomposición aerobio, proceso que requiere de la presencia de oxígeno O_2 , el mismo que es consumido rápidamente en la disposición inicial del residuo sólido. La temperatura en el relleno sanitario aumenta, este estado finaliza rápidamente cuando el oxígeno es terminado.

El segundo estado Acetogénesis, el pH disminuye a condición acida, dióxido de carbono (CO_2) y gases de H_2 son producidos y el potencial redox disminuye a nivel bajos. Debido a las condiciones acidas, las sales son solubilizadas por lo que la conductividad llega a su nivel más alto en este estado.

El tercer estado de descomposición Metanogénesis, donde los ácidos volátiles otros orgánicos son convertidos en CO_2 y metano (CH_4) y el potencial redox alcanza su mínimo nivel durante este estado. El pH es nuevamente alcalino y casi constante.

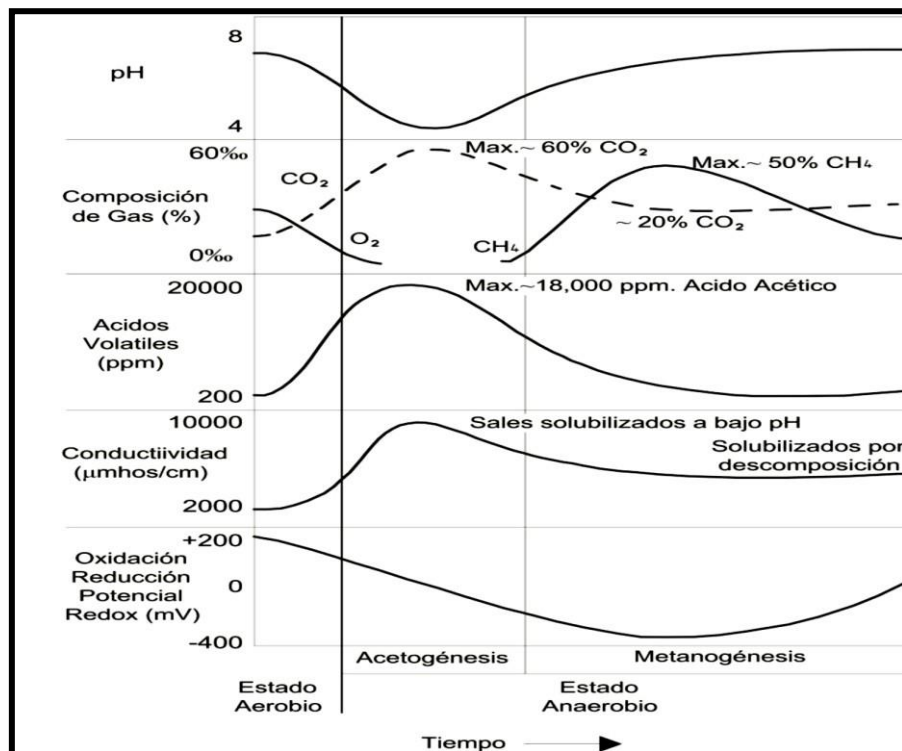


Figura 18. Etapas de producción de lixiviado: Aerobio y anaerobio

Fuente: Etapas de producción de lixiviado: Aerobio y Anaerobio (Acetogénesis y Metanogénesis) adoptado de (Kehew, 2001).

Dentro del vertedero del Km. 22 no se cuenta con registros que contemplen los aforos diarios de los lixiviados que son generados por el vertedero, debido a que no existe un sistema de recolección de lixiviados.



Figura 19: Lixiviados en el vertedero

2.5. LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE LA CALIDAD DEL AGUA

El agua contiene diversas sustancias químicas, físicas y biológicas disueltas o suspendidas en ella. Desde el momento en que se condensa en forma de lluvia, el agua disuelve los componentes químicos de sus alrededores a medida que cae a través de la atmósfera, corre sobre la superficie del suelo y se filtra a través del mismo.

Además, el agua contiene organismos vivos que reaccionan con sus elementos físico-químicos. Por estas razones puede ser necesario tratarla a fin de hacerla adecuada para su uso.

El agua que contiene ciertas sustancias químicas u organismos microscópicos puede ser perjudicial para determinados procesos industriales y al mismo tiempo perfectamente idóneo para otros.

Los microorganismos causantes de enfermedades (patógenos) del agua la hacen peligrosa para consumo humano. Las aguas subterráneas de

áreas con piedra caliza pueden contener un alto contenido de bicarbonato de calcio (dureza) y requerir ablandamiento previo a su uso.

El agua se evalúa en cuanto a la calidad de sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas. Es necesario que las pruebas que se utilicen para analizarla en relación con cada una de estas propiedades produzcan resultados congruentes y tenga aceptación universal, a fin de que sean posibles las comparaciones significativas con los límites de calidad del agua.

Los estándares Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA) por sus siglas en inglés, constituyen un compendio de métodos analíticos que se siguen en Estados Unidos, Canadá y la Organización Mundial de la Salud, para establecer los límites permisibles para diversos contaminantes del agua potable.

Las sustancias que se encuentran o enumeran bajo el título de estética se han limitado, por que causan colores indeseables, y a menos que se encuentren en exceso rara vez constituyen una amenaza para la salud.

Los límites sugeridos se pueden extender en ciertas áreas en donde el tratamiento es difícil y los usuarios del agua se han acostumbrado a un sabor u olor específico.

De las categorías que se enumeran bajo el término Salud se sabe que afectan de manera adversa a los humanos; el hecho de que se excedan los límites especificados puede ser razón suficiente para rechazar el abasto de agua.

En enero de 1994, existían 84 estándares primarios (6 microbiológicos, 17 para sustancias químicas inorgánicas y 61 para sustancias químicas orgánicas sintéticas) y 15 estándares secundarios. De acuerdo con la enmienda 1986 a la Safe Drinking Water Act (Ley para el agua potable segura), la EPA está obligada a promulgar estándares para 25 contaminantes nuevos cada tres años (ver Anexo 1).

Como reflejo del énfasis actual en las sustancias tóxicas en el control de la contaminación del agua, los nuevos estándares para el agua potable se concentraran probablemente en sustancias químicas orgánicas, sintéticas y radionúclidos.

2.5.1. Reglamento peruano de la calidad del agua para consumo Humano (DS N° 031-2010-SA)

El agua para consumo humano no debe ser un vehículo de transmisión de enfermedades, por lo que es importante establecer parámetros y sus límites máximos permisibles para garantizar que sea sanitariamente segura.

Este reglamento tiene por objeto establecer los requisitos físicos, químicos y microbiológicos que debe cumplir el agua potable para proteger la salud pública.

Este reglamento aplica en todo el territorio nacional y considera todos los servicios públicos, municipales y privados sea cual fuere el sistema o red de distribución, en lo relativo a la prevención y control de la contaminación de las aguas, cualquiera que sea su estado físico (ver Anexo 2).

Cuando en una muestra se presentan organismos coliformes totales fuera del reglamento, se deben aplicar medidas correctivas y se deben tomar inmediatamente muestras diarias del mismo punto de muestreo y se les debe examinar hasta que los resultados que se obtengan, cuando al menos en dos muestras consecutivas demuestren que el agua es de una calidad que reúne los requisitos exigidos.

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

➤ **ACUÍFERO:**

Tipo de formación geológica o grupo de formaciones, que almacenan agua y permiten el movimiento de determinado volumen bajo condiciones naturales, suministrando agua en cantidades significativas (Yoshinaga y Alburquerque, 2004).

➤ **AGUA POTABLE:**

Agua que puede ser consumida sin restricción debido a que, gracias a un proceso de purificación, no representa un riesgo para la salud. El término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad promulgada por las autoridades locales e internacionales (Reglamento de la calidad de Agua para Consumo Humano, 2011).

➤ **AGUA SUBTERRÁNEA:**

El agua subterránea o sub-superficial es aquella que se filtra a través de la superficie de la tierra y es almacenada en los espacios porosos de las rocas o materiales aluviales (arcilla, limo arena y grava), así como en las grietas formadas entre las rocas duras fracturadas (Michel y Graizbord, 2005).

➤ **BASURA:**

Término que corrientemente se emplea para definir lo que en esta norma se denomina residuos sólidos (Ley general de residuos sólidos, 2000).

➤ **CLAUSURA DE UN BOTADERO:**

Suspensión definitiva de la disposición final de los residuos sólidos en un botadero (Ley general de residuos sólidos, 2000).

➤ **COBERTURA:**

Capa de tierra u otro material inerte con la que se cubren los residuos acumulados y compactados en un botadero, para evitar su exposición a la intemperie (Godoy, 2005).

En un relleno sanitario, se denomina cobertura a la capa de tierra u otro material inerte, con la que se cubren las sucesivas capas de residuos, que diariamente se van formando durante el crecimiento del relleno sanitario, y a través de su vida útil (Ley general de residuos sólidos, 2000).

➤ **COMPACTACIÓN:**

Reducción del volumen de los residuos con aumento de su densidad, logrado mediante medios manuales o mecánicos en las zonas de disposición final (Ley general de residuos sólidos, 2000).

➤ **CONTAMINACIÓN:**

Es la presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ella, en concentraciones y permanencia superiores a las establecidas en la legislación vigente, (C- CONDEM, 2003).

➤ **DISPOSICIÓN FINAL:**

Acción de depositar los residuos en forma definitiva. Constituye la última actividad del sistema de limpieza pública (Ley general de residuos sólidos, 2000).

➤ **LIXIVIADOS:**

Es el líquido producido cuando el agua percola a través de cualquier material permeable. Puede contener tanto material suspendido o disuelto, generalmente ambos. Este líquido es más comúnmente hallado asociado a rellenos sanitarios, en donde, como resultado de las lluvias percolando a través de los desechos sólidos y reaccionando con los productos de descomposición, químicos, y otros compuestos, es producido el lixiviado, (Enciclopedia Wikipedia, 2004).

➤ **METAL PESADO:**

Metal que tiene una densidad de 5.0 o mayor y elevado peso elemental. La mayoría son tóxicos para el ser humano, incluso a bajas concentraciones (Ley general de residuos sólidos, 2000).

➤ **PARÁMETRO:**

Una variable, propiedad medible cuyo valor está determinado por las características del sistema en el caso del agua por ejemplo, estas pueden ser la temperatura, la presión, la densidad, etc (Godoy, 2005).

➤ **PERMEABILIDAD:**

Mayor o menor facilidad de infiltración de un líquido a través de un medio poroso., que en la presente norma se considera al suelo. Se expresa en unidades de longitud/tiempo (ejm. metros/segundo) (Godoy, 2005).

- **RELLENO SANITARIO:**

Lugar donde se efectúa la disposición final de los residuos sólidos sobre el suelo, utilizando técnicas de ingeniería para su adecuado confinamiento, que comprenden la compactación, cobertura con tierra u otro material inerte por lo menos diariamente, además del control de los gases y lixiviados; con el fin de evitar la contaminación del ambiente y proteger la salud de la población (Ley general de residuos sólidos, 2000).
- **RELLENO SANITARIO MECANIZADO:**

Relleno sanitario cuya operación se realiza utilizando equipo mecánico. Se recomienda para poblaciones mayores de 30 000 habitantes (Ley general de residuos sólidos, 2000).
- **RELLENO DE SEGURIDAD:**

Relleno sanitario destinado a la disposición final adecuada de los residuos industriales y/o peligrosos (Ley general de residuos sólidos, 2000).
- **RESIDUOS MUNICIPALES:**

Residuo sólido o semisólido proveniente de las actividades urbanas en general. Puede tener origen residencial o doméstico, comercial, institucional, o del barrido y limpieza de calles, mercados, áreas públicas y otros. Su gestión es responsabilidad de la Municipalidad (Ley general de residuos sólidos, 2000).
- **RESIDUOS PELIGROSOS:**

Residuos que por sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y/o patogenicidad, son capaces de causar daños a la salud humana o al ambiente y que requieren de un manejo especial (Ley general de residuos sólidos, 2000).
- **RESIDUOS SÓLIDOS:**

Aquellas substancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido, de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y al ambiente (Ley general de residuos sólidos, 2000).
- **VERTEDERO:**

Sitio o paraje donde se vierten basuras o escombros. La masa mixta, pobremente estratificada, que compone toda clase de residuos acumulados por la actividad humana, y combinados con finos sedimentos depositados geológicamente (Godoy, 2005).

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1. METODO DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente estudio se utilizó el método de investigación no experimental de tipo descriptivo.

Es no experimental porque consistió en observar y medir los parámetros físico-químicos y microbiológicos, a partir de los cuales se determinó en que fuentes de aguas subterráneas del área en estudio se superan los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el reglamento de calidad de agua para el consumo humano. Es decir, no se manipularon las variables estudiadas.

Y es de tipo descriptivo porque se buscó especificar y analizar la calidad del agua en el área circundante del vertedero del Km. 22.

3.2. POBLACION Y MUESTRA

3.2.1. Población

Para el presente estudio se consideraron las fuentes de aguas subterráneas utilizadas para consumo humano que están ubicadas en el distrito de Campo Verde.

3.2.2. Muestra

El número de muestras tomadas fue de 10 distribuidas espacialmente en un radio de 1.5 Km. pertenecientes al caserío La Victoria, la CCNN Nueva Unión, el Fundo del Sr. Nicito Paifa e *in situ*. La distancia del radio de 1.5 Km se estableció en base al área de influencia directa que tiene el vertedero de acuerdo con los criterios técnicos, sociales y ambientales establecidos en la guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos.

3.3. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El procedimiento de la recolección de datos consistió en lo siguiente:

3.3.1. Ubicación de las fuentes de aguas subterráneas utilizadas para consumo humano

Para ubicar las fuentes de aguas subterráneas utilizadas para consumo humano se tomó la recomendación hecha por la Organización Meteorológica Mundial (1994); que para determinar la calidad de agua subterránea recomiendan realizar un inventario de pozos, manantiales, ríos y todas las fuentes que tenga interacción con el acuífero en estudio, así mismo el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial, (2007); dentro del esquema general de manejo de recurso hídrico subterráneo considera como primer componente el Reconocimiento Regional e Inventario de Pozos (Ver Anexo 3, Figura 21).

Los puntos de muestreo fueron georreferenciados con un GPS Garmin, configurado con el sistema de coordenadas cartográficas WGS 84 (Sistema Geodésico Mundial 1984), con una precisión de 5 metros y se procedió a descargar la información registrada con el GPS mediante el Software Mapsource, haciendo uso del Software Excel 2010 y ArcGIS 10.0 del cual se obtuvieron los datos DEM SRTM en el entorno del Software Global Mapper 13.0, con un ordenador conectado al internet, conforme a las coordenadas geográficas del área de estudio, -8.42553° y -8.47348° de Latitud Sur, -74.6801° y -74.7346° Longitud Oeste y se procesaron los datos del DEM SRTM del área en estudio para luego plasmarlos en un mapa de la zona a escala 1: 6995 para tener referencia geográfica y poder identificarlos fácilmente.

3.3.2. Selección de parámetros

Los parámetros de análisis se seleccionaron de acuerdo al reglamento de la calidad de agua para consumo humano teniendo como parámetros de control obligatorio: Coliformes totales, coliformes termotolerantes, turbiedad, cloro residual y pH; y parámetros adicionales de control obligatorio como: Conductividad, sólidos totales disueltos, temperatura, mercurio, cadmio, plomo, arsénico, cobre, zinc, cromo y aluminio.

3.3.3. Lugar de análisis de muestras

- El análisis de los parámetros físico-químicos (temperatura, conductividad eléctrica, pH, turbiedad, cloro residual libre) se efectuaron en campo con los equipos proporcionado por la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental (DESA) (Ver Anexo 3, Figura 23)
- Los análisis de los parámetros microbiológicos y los sólidos disueltos totales se efectuaron en el Laboratorio de la DESA.
- El análisis de los demás parámetros químicos (metales pesados) se efectuó en el laboratorio ENVIROLAB PERU-SAC, cuyos análisis se basan en EPA 200.7. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry y EPA METHOD 245.7. Determinación de mercurio en agua por espectrometría de fluorescencia atómica por vapor frío.

3.3.4. Método de muestreo

El método utilizado fue el muestreo a profundidad, este método normalmente es adecuado sólo para uso en pozos de monitoreo que no se bombean, de acuerdo al documento NTP-ISO 5667 – 5 “Guía para el muestreo de agua para consumo humano y agua utilizada para el procesamiento de comidas”.

Consistió en hacer bajar un balde (dispositivo de muestreo) por el interior del pozo, dejando que se llene con agua a una profundidad conocida, y recuperando la muestra que luego fue transferida a su frasco correspondiente (Ver Anexo 3, Figura 22).

3.3.5. Método de análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

➤ **Calibración del equipo**

Antes de iniciar los análisis físicos, químicos y microbiológicos el laboratorio de la DESA y el laboratorio de ENVIROLAB SAC procedieron a calibrar cada instrumento de medición de acuerdo al manual del usuario.

➤ **Análisis físicos**

El laboratorio de la DESA utilizó el método que se menciona a continuación:

Parámetros	Métodos	NTP
Sólidos totales disueltos	Nefelométrico	-

➤ **Análisis químicos**

El laboratorio ENVIROLAB SAC utilizó dos métodos de análisis, los cuales se mencionan a continuación:

Parámetros	Métodos	EPA
Cadmio, plomo, cobre, arsénico, cromo, aluminio y zinc	Espectrofotometría de absorción atómica	EPA 200.7
Mercurio	Espectrofotometría de Fluorescencia Atómica por Vapor Frio	EPA METHOD 245.7

La metodología usada se basó en los métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos de América. Los resultados obtenidos están dentro del intervalo de confianza del 95%.

➤ **Análisis microbiológicos**

El laboratorio de la DESA utilizó los métodos que se menciona a continuación:

Parámetros	Métodos	NTP
Coliformes Totales	Filtración por membrana	NTP 214.031
Coliformes Termotolerantes	Filtración por membrana	NTP 214.032

3.3.6. Toma de muestras

Las muestras para el análisis físico, químico y microbiológico fueron colectadas y preservadas siguiendo la metodología implementada en la NTP 214.005 y la NTP ISO 5667-3.

- **Análisis físico:** Antes de ir al campo se realizó el rotulado de los envases para el muestreo, utilizando plumón indeleble, con la finalidad de que no se borre. La información básica registrada en el etiquetado es principalmente: punto de muestreo, hora de muestreo, fecha, nombre del muestreador, tipo de análisis a realizar.

Las muestras de agua para los análisis físicos fueron colectadas en frascos de plásticos de 1 L. y preservados a bajas temperaturas en termos con hielo, luego fueron llevadas al laboratorio de DESA para su inmediato análisis.

- **Análisis químico:** Antes de ir al campo se pegó en los envase las etiquetas que contenían información sobre: punto de muestreo, hora de muestreo, fecha, nombre del muestreador, tipo de análisis a realizar.

Luego se colecto un litro por muestra en frascos de plástico con capacidad de 1 L. Las muestras fueron preservadas inmediatamente con 1 ml de ácido nítrico (HNO₃) concentrado y

transportadas al laboratorio ENVIROLAB PERÚ S.A.C. de Lima, en termos con hielo (Ver Anexo 3, Figura 24).

- **Análisis microbiológicos:** Antes de ir al campo se realizó el rotulado de los envases para el muestreo, utilizando plumón indeleble, con la finalidad de que no se borre. La información básica registrada en el etiquetado es principalmente: punto de muestreo, hora de muestreo, fecha, nombre del muestreador, tipo de análisis a realizar.

Las muestras de agua para los análisis microbiológicos fueron colectadas en frascos de vidrio con capacidad de 1 L. y preservadas a bajas temperaturas en termos con hielo, luego fueron llevadas al laboratorio de DESA para su inmediato análisis.

3.4. ANALISIS PRELIMINAR

3.4.1. Lixiviados

Se inventariaron los pozos más próximos al vertedero, con el objetivo de muestrear la presencia de lixiviados en el agua subterránea de esta zona. Para la estimación de la cantidad de lixiviados se tomaron datos de precipitación de la estación meteorológica de propiedad de la Universidad Nacional de Ucayali en la ciudad de Pucallpa, que cuenta con registros de 29 años, en el período 1984-2013. Se estimó el área del vertedero equivalente a 382200 m². Se presentan los resultados del método para la estimación de la cantidad de lixiviados producidos (ver Anexo 4). El método realizado en este trabajo es mediante la aplicación de la metodología propuesta por Ehrig (1999). Este último se deduce de los conocimientos y experiencias adquiridas en estudios de vertederos (rellenos). Se asocia la cantidad de lixiviados producidos al tipo de compactación que se hace a la basura, agua que penetra en el basurero proveniente de la precipitación, los procesos bioquímicos y por la propia humedad de la basura. Asigna un factor de producción de lixiviados

correspondiente al 40% del agua de la precipitación cuando se trabaja con compactadores de oruga (buldózer).

En los lixiviados del vertedero de residuos sólidos de Pucallpa, por limitaciones económicas y no existir un sistema de recolección de lixiviados, no fue posible medir parámetros físico-químicos y microbiológicos, pero la concentración de contaminantes dentro de las aguas subterráneas permite argumentar el contenido de lixiviados. Debido a que si los contaminantes de lixiviados están presentes son detectables en las aguas (Osaki et al. 2006, Rutherford et al. 2000).

3.4.2. Análisis de aguas subterráneas

Obtenido los resultados de los muestreos de las aguas subterráneas (pozos) de los alrededores del vertedero de residuos sólidos de Pucallpa, se procedió a la verificación de la calidad de datos. Primero, se buscaron datos doble, se asume que los valores de indicadores nunca pueden repetirse, y donde existían esta repetición se realizó una verificación de la muestra. Finalmente se hizo la verificación de datos entre indicadores, así por ejemplo, el valor de coliformes termotolerantes nunca puede superar el valor de coliformes totales de la misma muestra, se definieron relaciones entre indicadores y donde los datos no cumplían estas condiciones, las muestras fueron verificadas.

Una vez asegurada que la calidad de datos era satisfactoria se inició con el proceso del análisis lógico y estadístico de los resultados obtenidos en los muestreos y los valores máximos permitidos para aguas de consumo humano. El análisis estadístico “conglomerados jerárquicos”, fue realizado empleando el programa SPSS versión 19.

El objetivo de este análisis fue formar una base de información para realizar los análisis posteriores. Asimismo esta información ya de por si resulta útil para la gestión misma del vertedero,

debido a que establecen que pozos cumple con el reglamento de calidad de agua de consumo humano.

3.5. ANÁLISIS GEOGRÁFICO

Consistió en la comparación de los datos de los pozos en las zonas donde ubican. Estas zonas fueron empleadas para buscar tendencias generales de niveles de contaminación en el área de estudio.

Las zonas donde se ubican los pozos son:

- Caserío La Victoria
- Vertedero
- CC.NN Nueva Unión
- Fundo del Sr. Nicito Paifa

Luego de identificadas las zonas se establecieron los niveles de contaminación para el análisis microbiológico en base a las guías microbiológicas para muestras de agua recogidas en sitios de desastre de la Organización Mundial de la Salud (2006).

Y para el análisis fisicoquímico se establecieron los niveles de contaminación en base a la guía de definiciones operacionales y criterios de programación del Ministerio de Salud (2013).

Para la diferenciación de los niveles de contaminación en los mapas elaborados se usaron colores para identificarlos.

3.5.1. Para el análisis microbiológico

En la Tabla 9 se muestran los niveles de contaminación en base a la guía de emergencia para estimar la calidad de fuentes potenciales de agua en sitios de desastre, sobre la base de su grado de contaminación con coliformes totales, ya que en condiciones normales el reglamento de la calidad de agua para consumo humano (2010) establece como límite un valor no detectable de organismos coliformes totales y termotolerantes.

Tabla 9: Niveles de contaminación microbiológica

Coliformes Totales por 100 ml de agua	Calidad del agua	Niveles de contaminación
0 – 10	Aceptable (celeste)	No contaminado (celeste)
10 – 100	Contaminada (verde claro)	Contaminación baja (verde claro)
100 – 1000	Peligrosa (anaranjado)	Contaminación media (anaranjado)
Más de 1000	Muy contaminada (negro)	Contaminación alta (negro)

Fuente: Guías microbiológicas para muestras de agua recogidas en sitios de desastre, 2006.

3.5.2. Para el análisis físico-químico

De manera general, la calidad físico-química del agua subterránea se puede clasificar en niveles de contaminación en función al número de parámetros físico-químicos que no cumplen los LMP del reglamento de la calidad de agua para consumo humano (2010).

Tabla 10: Niveles de contaminación físico-químico

Número de parámetros que no cumplen el LMP	Calidad del agua
0	No contaminado (celeste)
1	Contaminación baja (verde claro)
2 o 3	Contaminación media (anaranjado)
4	Contaminación alta (negro)

Fuente: Guía de definiciones operacionales y criterios de programación del Ministerio de Salud, 2013.

Y finalmente se procesó esta información en el entorno del Software ArcGis 10.00 elaborándose el mapa de niveles de contaminación microbiológica y físico-química, para así poder realizar un análisis de las diferencias en contaminación entre zonas diferentes, ubicando de esta manera los puntos de contaminación relativamente altos o bajos.

3.6. TECNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCION DE DATOS

3.6.1. Materiales y equipos

- Tablero, tamaño INEN A4.
- Materiales de escritorio.
- Cámara digital.
- GPS.
- Equipos y materiales de laboratorio para análisis físicos, químicos y microbiológicos:

- Incubadora.
- Horno.
- Balanza analítica.
- Destilador de agua.
- Equipo de filtración de membrana, incluye: embudo, frasco matraz para filtración, bomba manual, mangueras, pinzas de acero inoxidable.



- Estufa.
- Bomba de vacío.
- Baño de María.
- Refrigeradora.
- Autoclave.
- Contador de colonias.
- Tubos de Nessler



- Bureta.
- Erlenmeyer.
- Probeta.
- Vasos de precipitación.
- Fiola.
- Pipeta.
- Bureta.
- Placas petri.
- Capsulas de porcelana.
- Insumos de laboratorio: Agar plate count, Caldo brilla, Caldo lauril sulfato triptosa, Caldo MFC, AGAR MFC, DPD en polvo para cloro libre en muestras de 5ml, KO_2PtCl_6 , $\text{CoCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$, HCl, reactivo para hierro.



- Bureta.
- Placas petri.
- Capsulas de porcelana.
- Equipos portátiles para medición de parámetros de campo:
 - pHmetro.
 - Turbidímetro digital portátil.
 - Conductímetro portátil.
 - Colorímetro portátil digital.
- Muestreadores: Frascos de vidrio de 250 ml con tapa rosca, esterilizables; y frascos de plástico de 1litro, con tapa rosca o hermética.
- Neveras de icopor o poliuretano con suficientes bolsas de hielo para mantener una temperatura cercana a 4°C.
- Preservante para muestras: Ácido nítrico (HNO₃).
- Insumos de laboratorio: Agar platecount, Caldo brilla, Caldo lauril sulfato triptosa, Caldo MFC, AGAR MFC, DPD en polvo para cloro libre en muestras de 5ml, KO₂PtCl₆, CoCl₂6H₂O, HCl, reactivo para hierro.

3.6.2. Herramientas

- Guías de entrevistas
- Mapas del distrito
- Formulario de levantamiento de datos en campo

3.6.3. Programas (Software)

- ArcGIS 10.0
- Global Mapper 13.0
- Google Earth
- Mapsource
- SPSS versión 19
- Excel
- Microsoft Word

3.7. TRATAMIENTO DE DATOS

Se utilizó el método estadístico denominado “Conglomerados jerárquicos” (ver Anexo 5). Con el objeto de identificar comportamientos característicos de cada uno de los pozos muestreados, donde se han identificado grupos (Conglomerados).

No se utilizó ningún método estadístico con nivel de significancia por los siguientes motivos:

- ✓ Al realizar un único muestreo no se puede usar un método estadístico con nivel de significancia puesto que se necesitarían realizar dos o más muestreos.
- ✓ El costo de análisis de un único muestreo de todos los parámetros por los 10 pozos fue económicamente caro. El realizar dos o más muestreos el costo sería exorbitante.
- ✓ El estudio es básicamente no experimental puesto que los análisis de las muestras de agua se realizaron en dos laboratorios uno acreditado por INDECOPI y el otro perteneciente al Estado, lo que involucra que los resultados que se obtuvieron de un solo muestreo son precisos.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

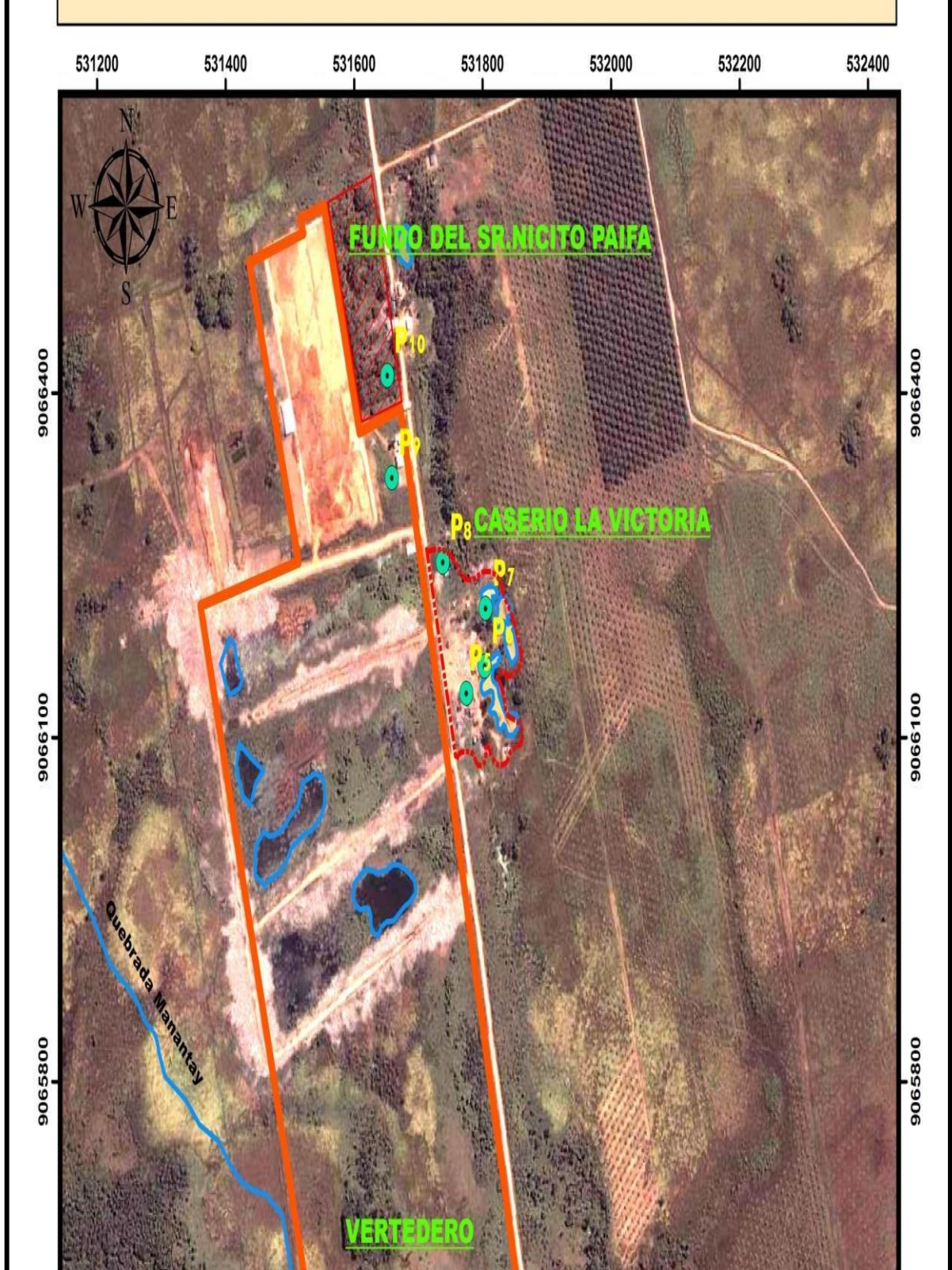
4.1. UBICACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS UTILIZADAS PARA CONSUMO HUMANO

Se inventariaron 3 quebradas: La quebrada de Manantay, Mojaral y una quebrada que no tiene nombre; 16 pozos de los cuales 13 pozos son utilizados para consumo humano, teniendo permiso por parte de los propietarios para realizar el muestreo solo de 10 pozos.

Para esto se elaboró una planilla con características resaltantes de los pozos: Ubicación, tipo de pozo, construcción, tiempo de funcionamiento, profundidad, y finalidad de uso del agua (ver Anexo 6).

En la Figura 20, se muestra la ubicación espacial de los pozos utilizados para consumo humano donde se puede apreciar la distribución de las mismas, lo que nos permitió tomar muestras representativas y asegurar la confiabilidad de los resultados de los análisis.

MAPA DE UBICACION DE LOS POZOS MUESTREADOS



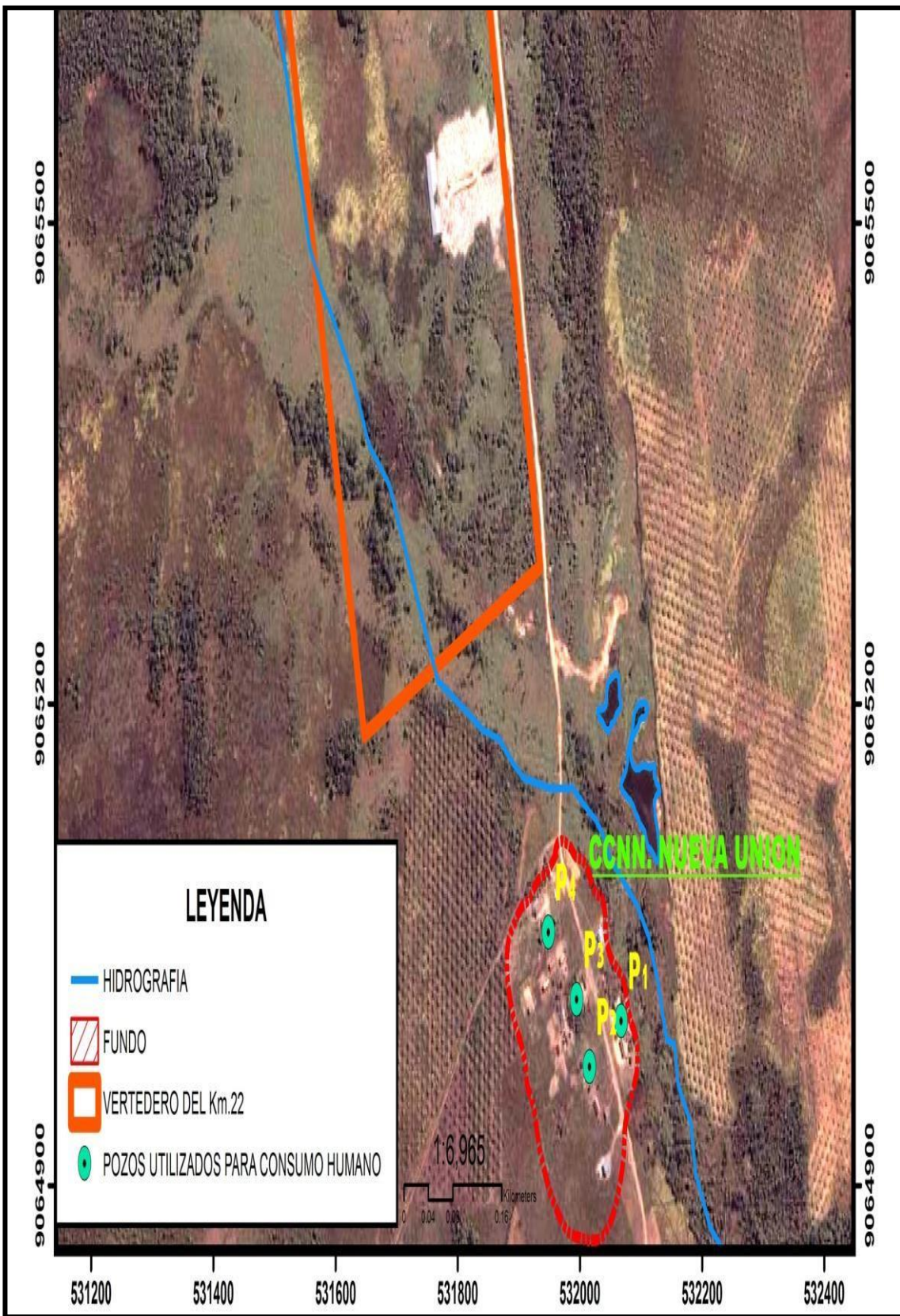


Figura 20. Mapa de Ubicación de los pozos muestreados
Elaboración Propia

El primer pozo se ubica en la CCNN. Nueva Unión con coordenadas UTM 532067.713, 9065002.465 y está a 902.90 metros del vertedero; esta fuente es utilizada para consumo humano y abastece a una familia que está compuesta por 3 personas, tiene 3 años de funcionamiento y una profundidad de 5 m. Como se observa en la figura 21 el pozo no tiene una construcción adecuada y no recibe algún mantenimiento.



Figura 21. POZO 1

El segundo pozo se encuentra en la CCNN. Nueva Unión, con coordenadas UTM 532015.764, 9064973.990 y está a 905.80 metros del vertedero, esta fuente es utilizada para consumo humano y abastece a una familia que está compuesta por 4 personas, tiene 4 años de funcionamiento y una profundidad de 3 m. Como se observa en la figura 22 el pozo no tiene una construcción adecuada y no recibe algún mantenimiento.



Figura 26. POZO 6

El tercer pozo se ubica en la CCNN. Nueva Unión con coordenadas UTM 532015.764, 9064973.990 y está a 857.70 metros del vertedero, esta fuente es utilizada para consumo humano y abastece a una familia que está compuesta por 5 personas, tiene 2 años de funcionamiento y una profundidad de 4 m. Como se observa en la figura 23 el pozo no tiene una construcción adecuada y no recibe algún mantenimiento.



Figura 23. POZO 3

El cuarto pozo, se encuentra en la CCNN. Nueva Unión, con coordenadas UTM 531948.512, 9065057.920 y está a 805.30 metros, esta fuente es utilizada para consumo humano y abastece a 2 familias que están compuesta por un promedio de 5 personas, tiene 2 años de funcionamiento y una profundidad de 4 m. Como se observa en la figura 24 el pozo no tiene una construcción adecuada y no recibe algún mantenimiento.



Figura 26. POZO 6

El quinto pozo se encuentra en el Caserío La Victoria, con coordenadas UTM 531774.963, 9066138.430 y está a 353.00 metros, esta fuente es utilizada para consumo humano y abastece a una familia que está compuesta por 5 personas, tiene 40 años de funcionamiento y una profundidad de 4 m. Como se observa en la figura 25 el pozo no tiene una construcción adecuada y no recibe algún mantenimiento.



Figura 25. POZO 5

El sexto pozo, se encuentra en el Caserío La Victoria, con coordenadas UTM 531803.204, 9066162.090 y está a 384.4 metros; esta fuente es utilizada para consumo humano y abastece a 3 familias que están compuesta por un promedio de 5 personas, tiene 4 años de funcionamiento y una profundidad de 4 m. Como se observa en la figura 26 el pozo no tiene una construcción adecuada y no recibe algún mantenimiento.



Figura 26. POZO 6

El séptimo pozo se encuentra en el Caserío La Victoria, con coordenadas UTM 531804.913, 9066212.304 y está a 434.7 metros; esta fuente es utilizada para consumo humano y abastece a 14 familias que está compuesta por un promedio de 5 personas, tiene 3 años de funcionamiento y una profundidad de 5 m. Como se observa en la figura 27 el pozo no tiene una construcción adecuada y no recibe algún mantenimiento.



Figura 27. POZO 7

El octavo pozo se encuentra en el Caserío La Victoria, con coordenadas UTM 531738.289, 9066252.580 y está a 452.60 metros; esta fuente es utilizada para consumo humano y abastece a una familia que está compuesta por 4 personas, tiene 3 años de funcionamiento y una profundidad de 5 m. Como se observa en la figura 28 el pozo tiene una construcción semi-adeuada, pero no recibe mantenimiento.



Figura 26. POZO 6

El noveno pozo se encuentra en el Vertedero del Km.22, con coordenadas UTM 531658.879, 9066326.158 y está a 520.00 metros; esta fuente es utilizada para consumo humano y abastece a 2 personas, tiene 1 año de funcionamiento y una profundidad de 70 m. Como se observa en la figura 29 el pozo tiene una construcción adecuada y mantenimiento, pero no recibe tratamiento (cloración).



Figura 29. POZO 9

El décimo pozo se encuentra en el Fundo del Sr. Nicito Paifa, con coordenadas UTM 531651.891, 9066415.460 y está a 610.20 metros; esta fuente es utilizada para consumo humano y para bebida de ganados vacunos, ovinos y aves; abastece a una familia que está compuesta por 4 personas, tiene 9 años de funcionamiento y una profundidad de 7 m. Como se observa en la figura 30 el pozo tiene una construcción adecuada (revestimiento de ladrillo), recibe mantenimiento y tratamiento (desinfección).



Figura 30. POZO 10

4.2. ANALISIS PRELIMINAR

4.2.1. Lixiviados

4.2.1.1. Producción de lixiviado

La variación del volumen de lixiviados está en correspondencia con el régimen de precipitaciones presentes en la zona. Este hecho se ha observado en estudios realizados en diferentes sitios de deposición de basuras en Latinoamérica y en países desarrollados (Ehrig, 1999; Cárdenas, 1996; Kreeith, 1994). La metodología empleada en estos estudios, ha demostrado que el mayor porcentaje de las precipitaciones sobre vertederos es convertido en lixiviados.

Además de la cantidad de agua que pueda llegar al vertedero y que contribuye con la producción y distribución de los lixiviados, existen otros factores que ejercen influencia sobre la distribución de los mismos en el medio hidrogeológico; estos son la dispersión, absorción y biodegradación; factores que son difíciles de medir en el campo.

Las mayores precipitaciones en el año, se presentan entre Octubre a Abril. Esta variación en el comportamiento de las precipitaciones, se ve reflejado directamente en la producción de lixiviados a lo largo del año. La Figura 31 refleja los resultados de la estimación de la cantidad de lixiviados producidos, mediante la aplicación del método propuesto por Ehrig (1999) tomando en cuenta el promedio de 10 años (Junio del 2004 año en que empezó el funcionamiento del vertedero – Octubre del 2013) de registros de precipitaciones de la estación meteorológica de la UNU (ver Anexo 4.1).

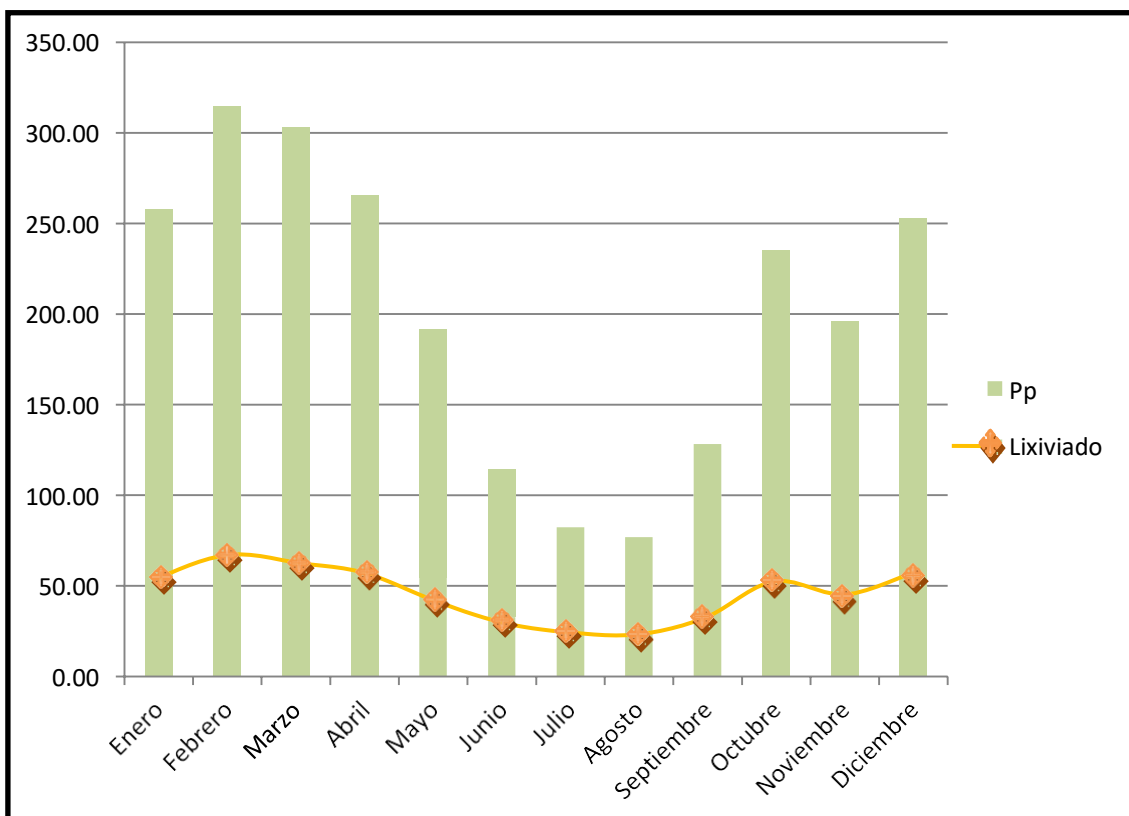


Figura 31: Distribución de la precipitación media mensual y del volumen de lixiviados producidos en el vertedero

Elaboración propia

La metodología empleada por Ehrig (1999) se deduce de los conocimientos y experiencias adquiridas en estudios de vertederos (rellenos) en el que se asocia la cantidad de lixiviados producidos según el tipo de compactación que se hace a la basura, agua que penetra en el basurero proveniente de la precipitación, los procesos bioquímicos y por la propia humedad de la basura. Se asigna un factor de producción de lixiviados correspondiente a 40% del agua de precipitación cuando se trabaja con compactadores de oruga (Bulldózer).

El método propuesto por Ehrig, refleja un promedio de 639.96 mm/año con una generación promedio anual de 244,591.18 m³ (670.11 m³/día) de lixiviados (ver Anexo 4.2), con una producción de lixiviados distribuida a lo largo del año cuyas fluctuaciones están relacionadas con las precipitaciones observadas en el área.

4.2.1.2. Densidad del lixiviado

La densidad es función de la temperatura y de los sólidos totales disueltos (Christensen, y otros, 2001).

(Christensen, y otros, 1985) desarrollo una ecuación para la estimación de la densidad del lixiviado en función de la conductividad específica ($R^2=0.98$); Densidad (g/cm^3) = $6.87 \times 10^{-6} \times \text{conductividad específica (mS/m)} + 0.9982 \text{ g/cm}^3$; En el vertedero del Km. 22 no se pudo aplicar la ecuación debido a que no se cuenta con los datos; pero de acuerdo a estudios realizados se pudo determinar que la densidad del lixiviado en el relleno sanitario es 1 - 3% mayor a la densidad del agua (1 g/cm^3), (Barroso, 2010).

4.2.1.3. Composición del lixiviado

La composición del lixiviado varía significativamente entre rellenos sanitarios y vertederos, en función de la composición y edad de la basura y tecnología de disposición de la basura (Scott, y otros, 2005).

(Kehew, 2001), en su libro "Appiel Chemical Hydrogeology" da a conocer la importancia de la composición del lixiviado relacionada con la edad del relleno sanitario. Sulfato es inicialmente alto pero disminuye por la reducción de sulfato en el estado de Acetogénesis.

La caracterización del lixiviado del vertedero de residuos sólidos de Pucallpa, por limitaciones económicas y no existir un sistema de recolección de lixiviados, no fue posible realizar.

4.2.2. Análisis de aguas subterráneas

Tabla 11: Resultados de los análisis físicos-químicos y microbiológicos de los pozos muestreados

Parámetro	Unidad	Pozo 01	Pozo 02	Pozo 03	Pozo 04	Pozo 05	Pozo 06	Pozo 07	Pozo 08	Pozo 09	Pozo 10	LMP
Coliformes totales	UFC/100 mL a 35°C	600*	DNPSC*	DNPSC*	DNPSC*	DNPSC*	2,000*	500*	200*	< 1	< 1	< 1,8/100 ml
Coliformes termo tolerantes	UFC/100 mL a 44,5°C	160*	DNPSC*	DNPSC*	1,200*	1,200*	1,200*	200*	30*	< 1	< 1	< 1,8/100 ml
Conductividad	µmho/cm	169	150	181	260	75	72	59	244	414	195	1 500
SDT	mgL ⁻¹	90	80	91	142	40	38	26	130	289.8	120	1000
Turbiedad	UNT	19.54*	6.24*	15.79*	15.53*	14.28*	7.75*	24.4*	9.06*	1.19	0.55	5
pH	Valor de pH	7.97	8.91*	5*	4.77*	4.91*	9.87*	5.23*	4.70*	6.92	4.71*	6,5 a 8,5
Temperatura	°C	27.6	29.3	30.3	29.6	25.7	28.2	28.2	27.4	27.7	30.4	ND
Cloro residual	mgL ⁻¹	0.0*	0.0*	0.0*	0.0*	0.0*	0.0*	0.0*	0.0*	0.0*	0.0*	0.5
Aluminio	mg Al L ⁻¹	0.750*	1.321*	1.893*	0.817*	1.149*	0.762*	0.571*	0.952*	0.010	1.382*	0,2
Cadmio	mg Cd L ⁻¹	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,003
Cromo	mg Cr L ⁻¹	N.D	N.D	0.001	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,050
Zinc	mg Zn L ⁻¹	0.020	0.014	0.038	0.058	0.027	0.014	0.016	0.045	0.013	0.094	3,0
Mercurio	mg Hg L ⁻¹	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,001
Arsénico Total	mg As L ⁻¹	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,010
Cobre	mg Cu L ⁻¹	0.004	0.003	0.008	0.003	0.002	N.D	0.002	0.003	N.D	0.004	2,0
Plomo	mg Pb L ⁻¹	0.005	N.D	0.008	N.D	N.D	N.D	N.D	0.006	N.D	0.007	0,010

NOTA:

En los resultados microbiológicos, un resultado “< 1” es equivalente a “0” indicado como LMP en el D.S N° 031-2010-SA.

DNPSC: demasiado numerosas para ser contadas, > 3,000

ND: No define

* sobrepasan los LMP

4.2.2.1. Análisis microbiológico

- Coliformes totales y termotolerantes

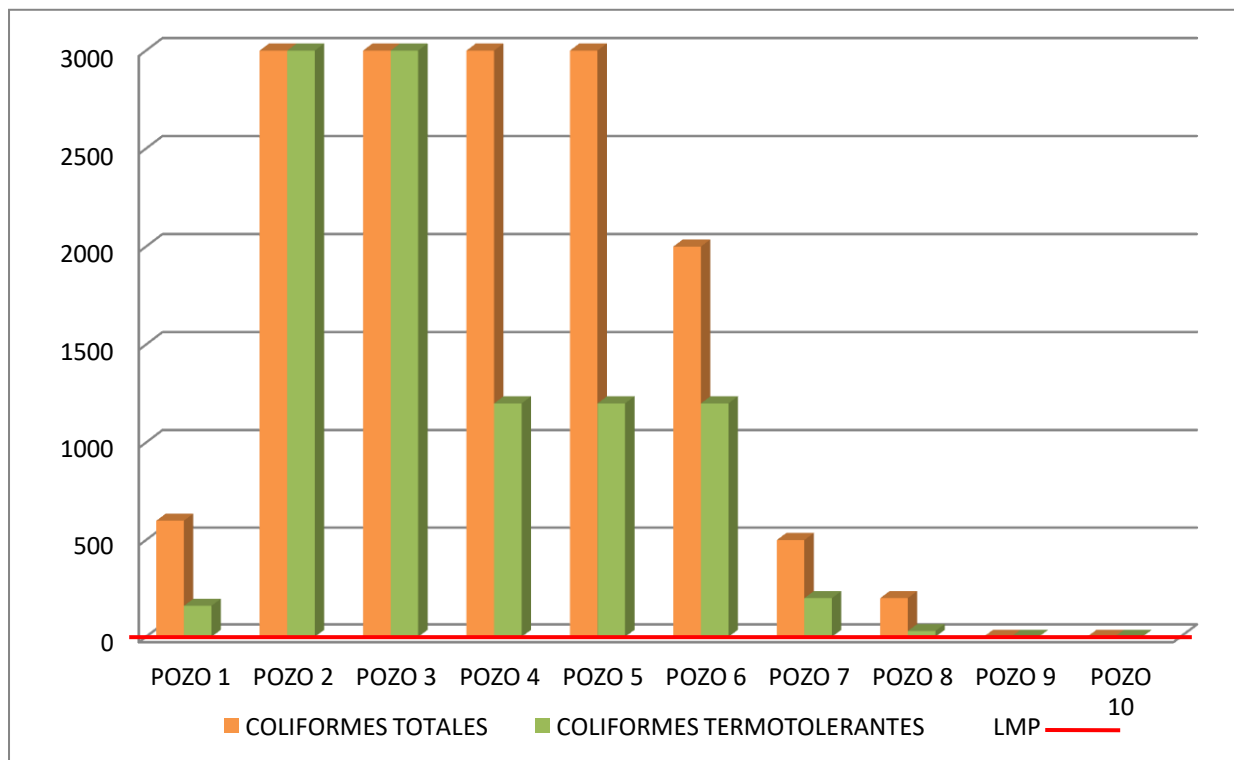


Figura 32: Determinación de los parámetros microbiológicos

Elaboración propia

Los parámetros microbiológicos exceden los valores establecidos en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA a excepción de los pozos 9 y 10. Las concentraciones de Coliformes totales se encuentra desde 200 UFC/100 mL hasta >3000 UFC/100 mL. Los valores más altos se presentan en los pozos 2, 3, 4 y 5 siendo estos extremadamente altos, es difícil aseverar que es por el vertedero, más al contrario es por la mala situación de los pozos (constructivo y mantenimiento), los pozos 9 y 10 se encuentra en mejores condiciones y no se encontró patógenos microbianos.

El número de bacterias en acuíferos contaminados por lixiviados es generalmente alto comparado con el número

de bacterias usualmente encontrados en acuíferos sin contaminación (Christensen, y otros, 2001). La presencia de Coliformes Totales y Termotolerantes, debe ser considerada con mucha atención, ya que alcanzan niveles muy altos los cuales son preocupantes, sobre todo por los efectos de ellos en la salud humana, debido a que los pozos donde se encontraron estos valores se utilizan para consumo humano.

Además el grupo de bacterias Coliformes ha sido siempre el principal indicador de calidad de los distintos tipos de agua; el número de coliformes en una muestra se usa como criterio de contaminación y por lo tanto, de calidad sanitaria de la misma.

Con los parámetros microbiológicos se realizó el análisis estadístico de “conglomerados jerárquicos” cuyos resultados se muestran en la Figura 33. Con el objeto de identificar comportamientos característicos de cada uno de los pozos muestreados, donde se han identificado grupos (Conglomerados) que a continuación se detallan:

Conglomerado (1): Pozos con elevados valores de patógenos microbianos en comparación con lo establecido en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA, los pozos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8, pertenecen a este grupo.

Conglomerado (2): Pozos donde no se encontró valores de patógenos microbianos y cumplen con lo establecido en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA, los pozos 9 y 10, pertenecen a este grupo

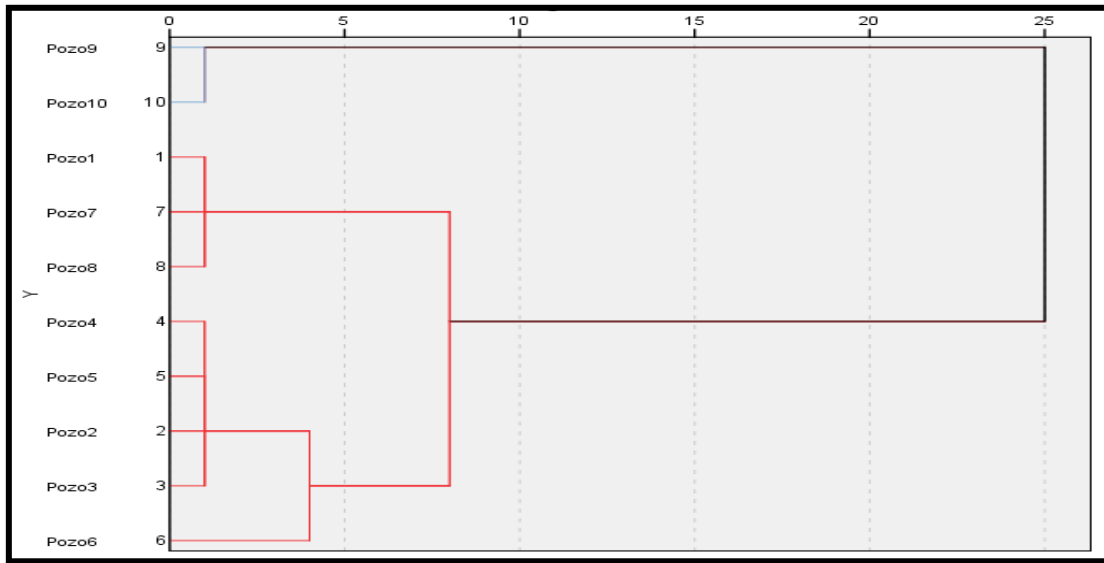


Figura 33. Dendrograma de conformación de conglomerados
Elaboración Propia

4.2.2.2. Análisis físico-químicos

- Temperatura

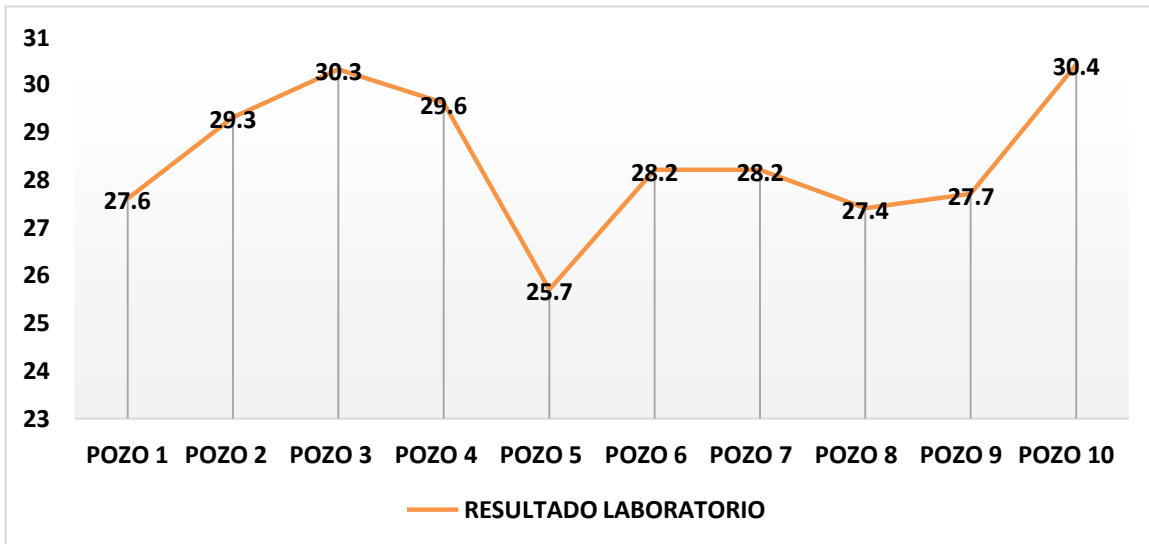


Figura 34: Determinación de la temperatura
Elaboración propia

La temperatura medida en el agua subterránea osciló entre los 25.7 a 30.4° C. Estas temperaturas son por lo general el reflejo de la temperatura media anual del lugar.

- Parámetros de calidad organoléptica

Turbiedad

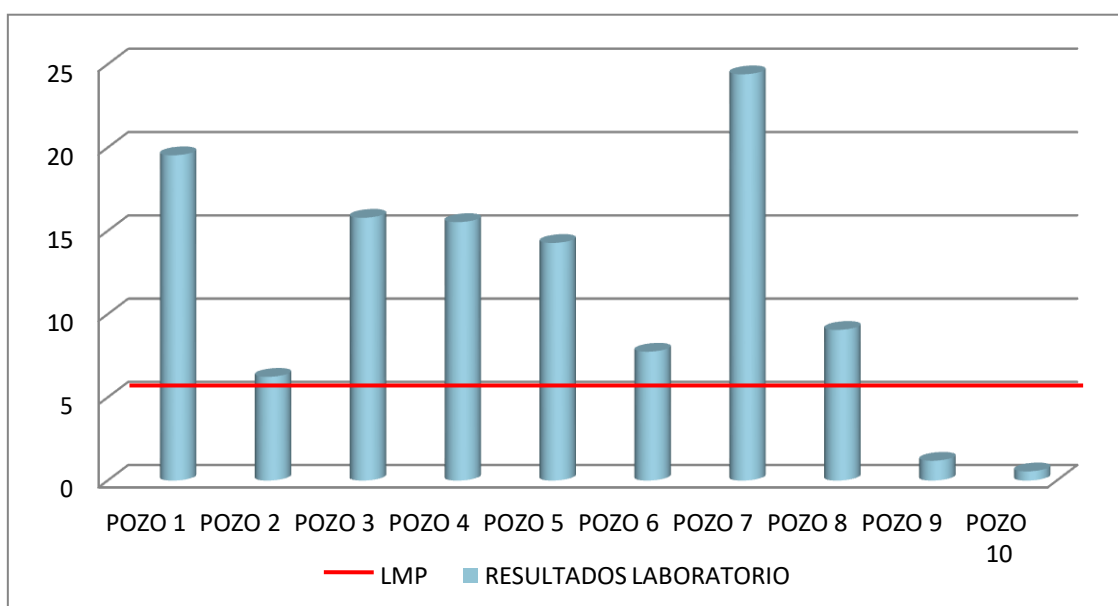


Figura 35: Determinación de la turbiedad

Elaboración propia

Los valores de turbidez en los pozos muestreados fueron mayores que el Límite máximo establecido en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA 5 UNT (unidades nefelométricas), exceptuando los pozos 9 y 10 (1.19 y 0.55 UNT, respectivamente).

Probablemente los valores altos presentados en los pozos sean ocasionados por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etc.) y la presencia de materiales húmicos que están llegando al área, a través del flujo subterráneo o por la escorrentía superficial que también influye en esta área. Estas sustancias húmicas estarían haciendo disponible otros elementos en el agua, tales como aluminio, que también se presentaron con altas concentraciones en los pozos muestreados, exceptuando los pozos 9 y 10.

Los valores de las concentraciones para la turbiedad encontradas en el agua subterránea de los alrededores del vertedero, los podemos agrupar en bajos y altos. El primero cumple con lo establecido en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano (2010) que es de 5 mgL^{-1} y el segundo, presenta valores que exceden dicho límite (Figura 36).

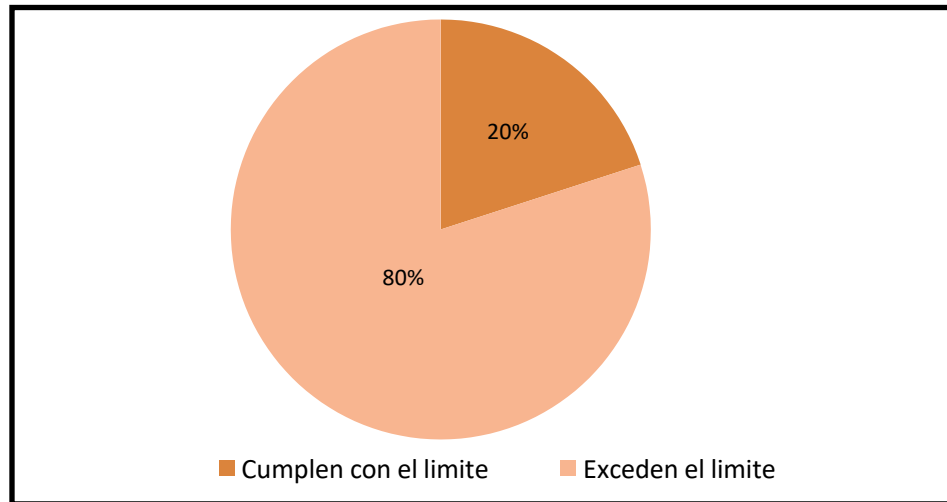


Figura 36. Turbiedad en el agua de los pozos de los alrededores del vertedero
Elaboración propia

pH

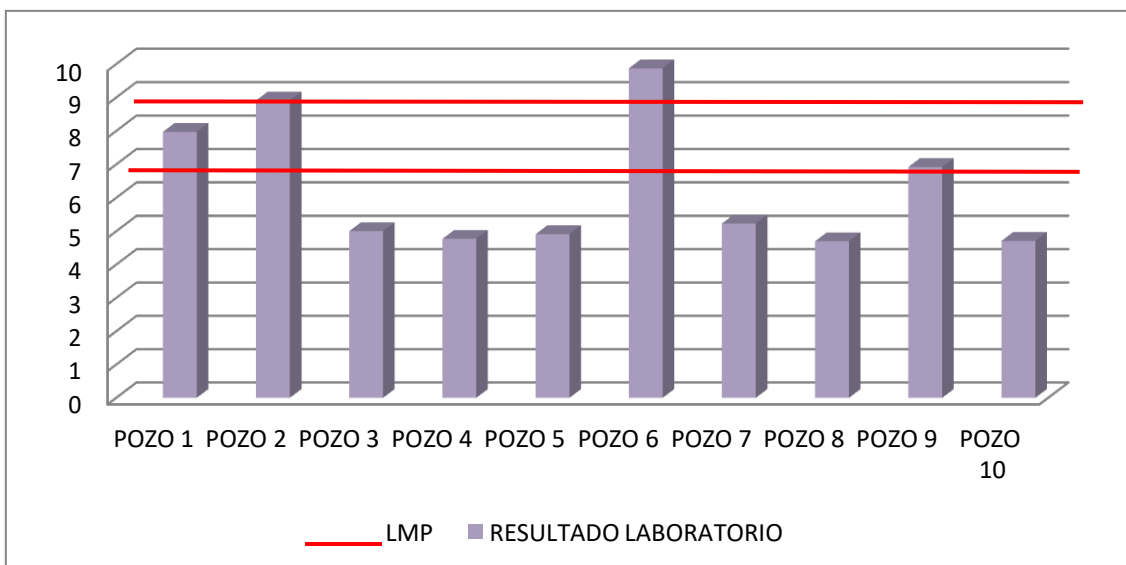


Figura 37. Determinación del pH
Elaboración propia

En su mayoría los pozos norias son agua acidas cuyo pH están comprendidos entre 5.5-7.6 (en época seca y lluviosa), los valores de pH en los pozos muestreados oscilaron de 4.7 a 9.87. Ambos rangos se encuentran fuera de los valores normales encontrados en las aguas naturales (6.5 a 8.5; Custodio & Llamas, 1976), con excepción de los valores de 6.92 y 7.97 reportado en los pozos 9 y 1 respectivamente.

Los pozos 1, 2, 6 y 9 presentan pH neutros-alkalinos (6.92 a 9.87), de las cuales los pozos 1 y 9 están dentro los valores establecidos en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA (6.5 a 8.5). Los pozos 2 y 6 tienen los valores de pH más altos (8.91 y 9.87 respectivamente), que podría ser un indicador de contaminación por lixiviado, ya que la alcalinidad son usualmente altos en sitios contaminados, un aspecto importante es que sirve de buffer del pH en la pluma de lixiviado especialmente si el acuífero está en condiciones acidas, incrementado el pH en el centro de la pluma. La alcalinidad en plumas de lixiviados es prácticamente debida a carbonatos CO_3^{2-} y a bicarbonatos HCO_3^- .

Los pozos 3, 4, 5, 7, 8 y 10 presentan pH ácidos (4.7-5.23), lo que confirma que los pozos están en contacto con la superficie y reciben una recarga directa de la precipitación. Las aguas muy ácidas o muy alcalinas son indeseables debido a que son corrosivas o presentan dificultades en el tratamiento (Pérez, 2000).

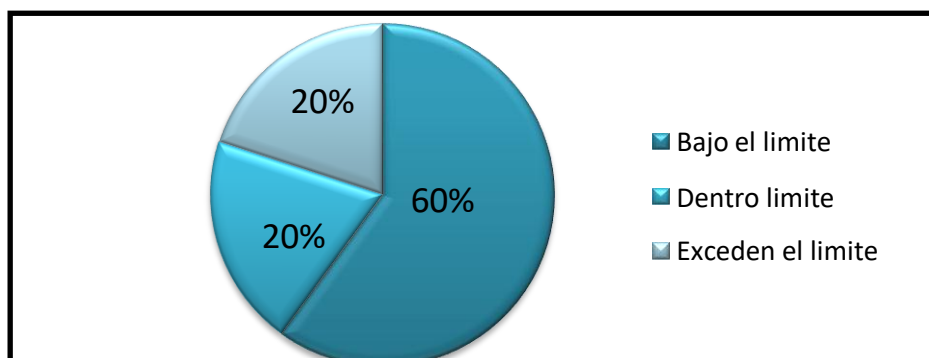


Figura 38. pH en el agua de los pozos de los alrededores del vertedero
Elaboración propia

Las concentraciones de pH en el agua subterránea del área de estudio pueden clasificarse en un 60% que se encuentran bajo el rango del límite establecido en el reglamento (6.5 – 7.5), 20% que se encuentran dentro del rango del límite y el 20% restante con valores que exceden dicho límite, alcanzando concentraciones de hasta 9.87 (Figura 38).

Conductividad

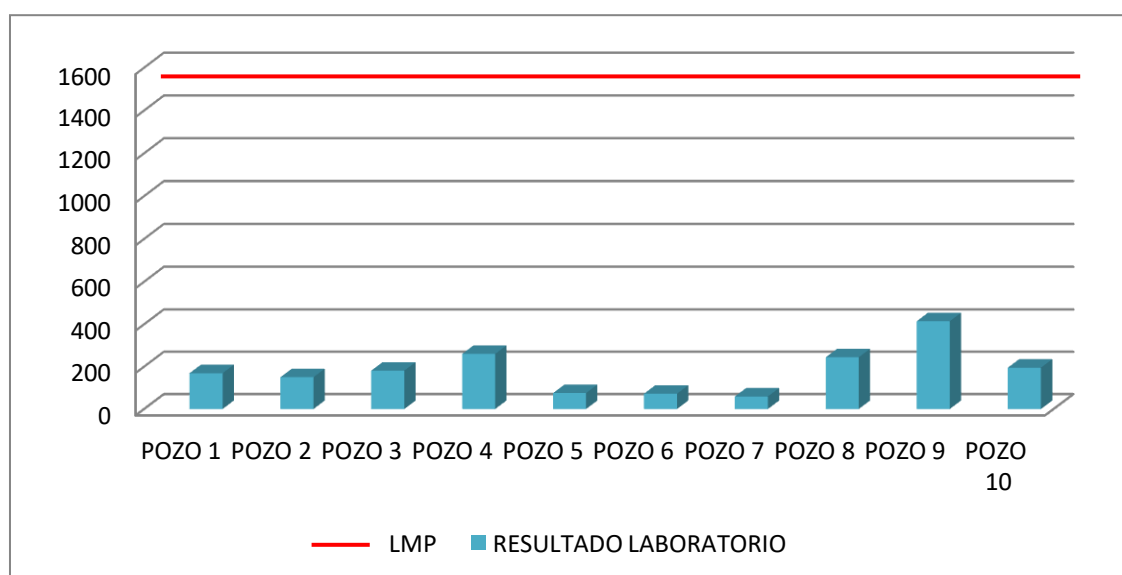


Figura 39: Determinación de la conductividad

Elaboración propia

La Conductividad presente en las muestras de agua subterránea tomadas en los 10 pozos es menor de 1500 $\mu\text{mho}\cdot\text{cm}^{-1}$ valor considerado por el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA como el máximo admitido para agua potable, estos oscilaron entre 59 y 414 $\mu\text{mho}\cdot\text{cm}^{-1}$.

El valor más altos de conductividad se encuentran en el pozo 9 (414 $\mu\text{mho}\cdot\text{cm}^{-1}$). La conductividad en el agua subterránea se asocian a los iones disueltos presentes tales como: HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , K^+ , Na^+ , Mg^{+2} , y Ca^{+2} , los que pueden agruparse y tratarse como sólidos totales disueltos (STD). En este casos la concentración fue la más alta en este punto.

El agua natural no contaminada puede tener una conductividad comprendida entre 50 y 500 $\mu\text{mho}\cdot\text{cm}^{-1}$. Las

naturales mineralizadas entre 500 y 1000 $\mu\text{mho}\cdot\text{cm}^{-1}$ incluso podrían reportarse valores hasta de 2000 $\mu\text{mho}\cdot\text{cm}^{-1}$ y reportarse como aguas dulces (Custodio & Llamas 2001; OPS, 1987; Mesa, 2003).

Sólidos totales disueltos (STD)

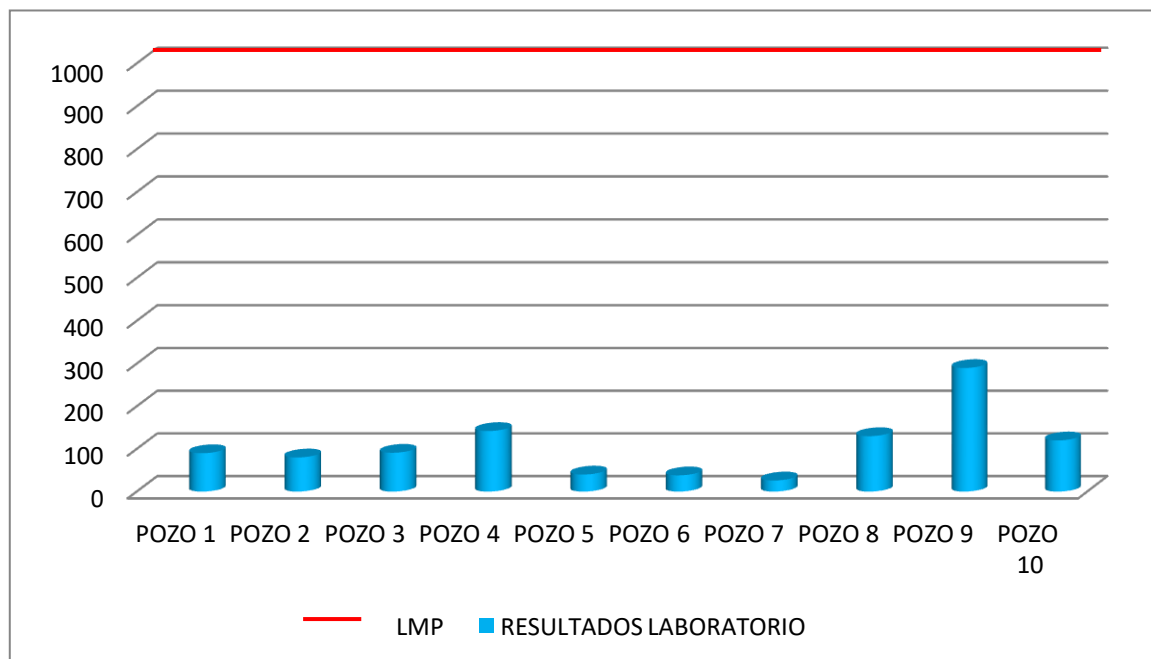


Figura 40: Determinación de los STD

Elaboración propia

Los STD en el agua subterránea de los pozos muestreados (26 – 289.8 mgL^{-1}) se encuentran en concentraciones menores a 300 mgL^{-1} , los cuales son bajos en referencia a los límites máximos admitidos por el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA.

El más alto valor de STD encontrado en el pozo 9 (289.8 mgL^{-1}) coincide con las concentraciones de conductividad encontradas en el mismo punto.

Los STD en su mayor parte están compuestos por pequeñas cantidades de materia orgánica y sales inorgánicas entre ellas HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , K^+ , Na^+ , Mg^{+2} , y Ca^{+2} , los que influyen en el sabor, dureza,

propiedades corrosivas e incrustación. Su ocurrencia es debido a efluentes de aguas servidas urbanas, descargas industriales, procesos de lixiviación de minerales del medio geológico. Los efectos relevantes de los sólidos en el agua es el sabor si se presentan en altas concentraciones, y otorgan un sabor insípido en niveles extremadamente bajos; de ahí surge que cuando hay menos de 300 mgL⁻¹ se consideran aguas de un excelente estado para el consumo humano, e inaceptables a mayores de 1,200 mgL⁻¹ (OPS, 1987).

Aluminio (Al)

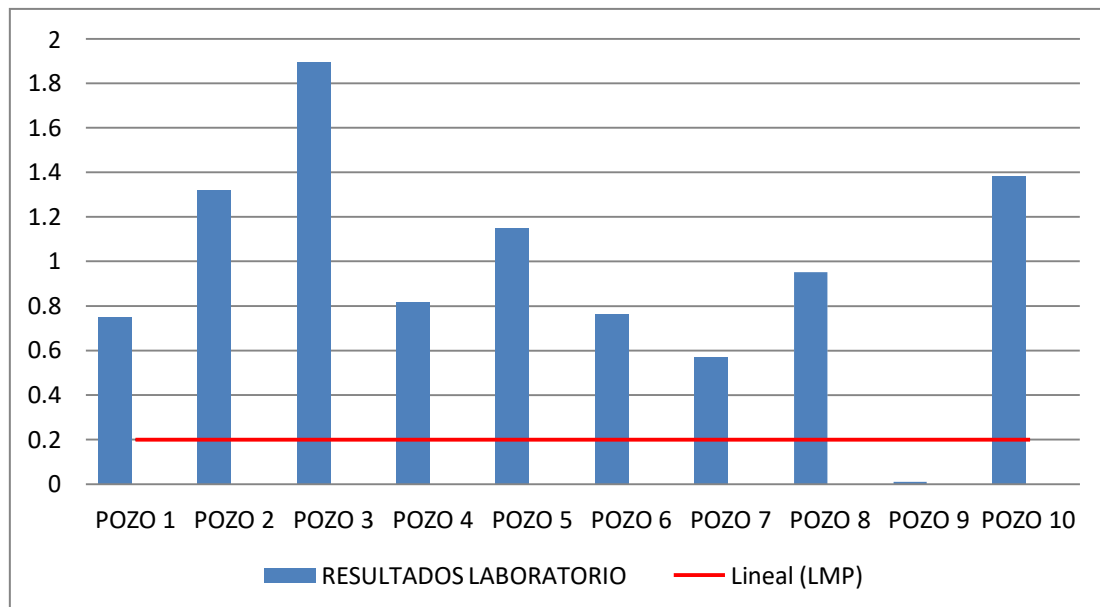


Figura 41: Determinación del aluminio
Elaboración propia

El Al está presente en los 10 pozos muestreados, las concentraciones de Al se encuentra desde 0.010 mgL⁻¹ hasta 1.893 mgL⁻¹, esto podría deberse a la influencia de los lixiviados que son incorporados al producirse la recarga por precipitación. Los pozos muestreados sobrepasan el LMP para consumo humano establecido en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA el cual es de 0.2 mgL⁻¹ de Al, a excepción del pozo 9, ubicado en el vertedero, estos valores elevados de aluminio en los pozos podría ser una señal de que han sido afectados por lixiviados.

Es probable que la concentración de Al en los pozos que se muestrearon, lugar donde se detecta la influencia del vertedero esté ocurriendo descomposición del material orgánico que ha llegado y se ha acumulado en el área a lo largo del año, lo que provoca una disminución de la circulación del agua tanto superficial como subterránea, generando un ambiente más ácido.

La presencia del Al en el agua subterránea de esta zona podría ser una consecuencia de la amplia distribución natural y las actividades humanas. Por lo general se encuentra presente en el aire, alimentos, desechos industriales, suelo y polvo atmosférico, lo que le confiere facilidad de incorporación al agua subterránea a través de la precipitación atmosférica, lixiviación de minerales de las rocas y desechos antropogénicos (OPS, 1987). Situación que podría estar originando las altas concentraciones en los alrededores del vertedero.

El Al no es un nutriente esencial para el hombre y las altas concentraciones son perjudiciales, ya que se han demostrado acciones perjudiciales del catión en sistemas celulares y sobre distintos órganos tales como cerebro, hígado, hueso, músculo esquelético, corazón y médula ósea (Nesse A, Garbossa G, Pérez G, Vittori D, Pregi N; 2003).

Los valores encontrados en el agua subterránea se pueden clasificar en dos grupos: el primero, con concentraciones menores que 0.2 mgL^{-1} que es el límite establecida para el aluminio en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano (2010) y el segundo, con concentraciones entre 0.571 y 1.893 mgL^{-1} , valores que exceden el límite permisible en el 90% de las muestras analizadas (Figura 42).

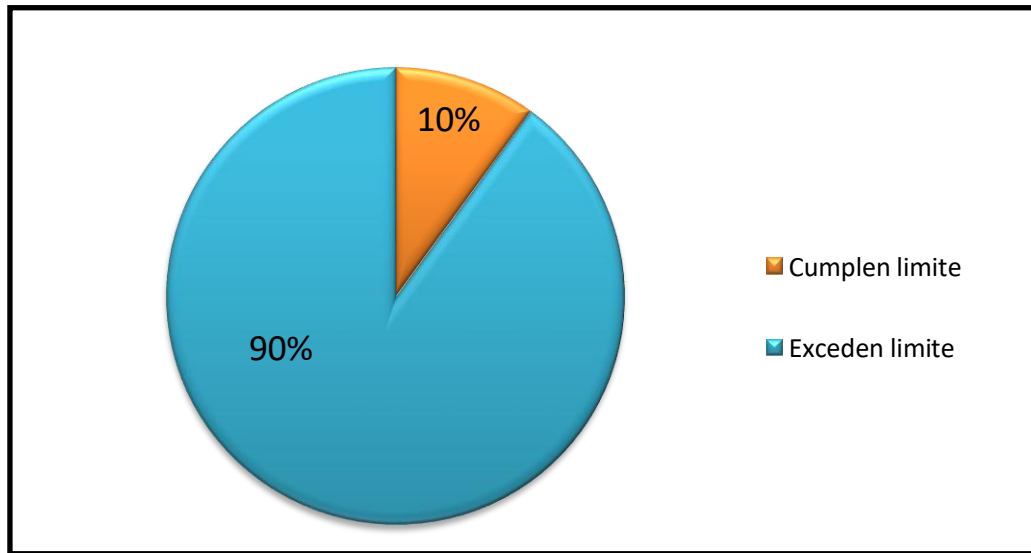


Figura 42. Aluminio en el agua de los pozos de los alrededores del vertedero

Elaboración propia

Cobre (Cu)

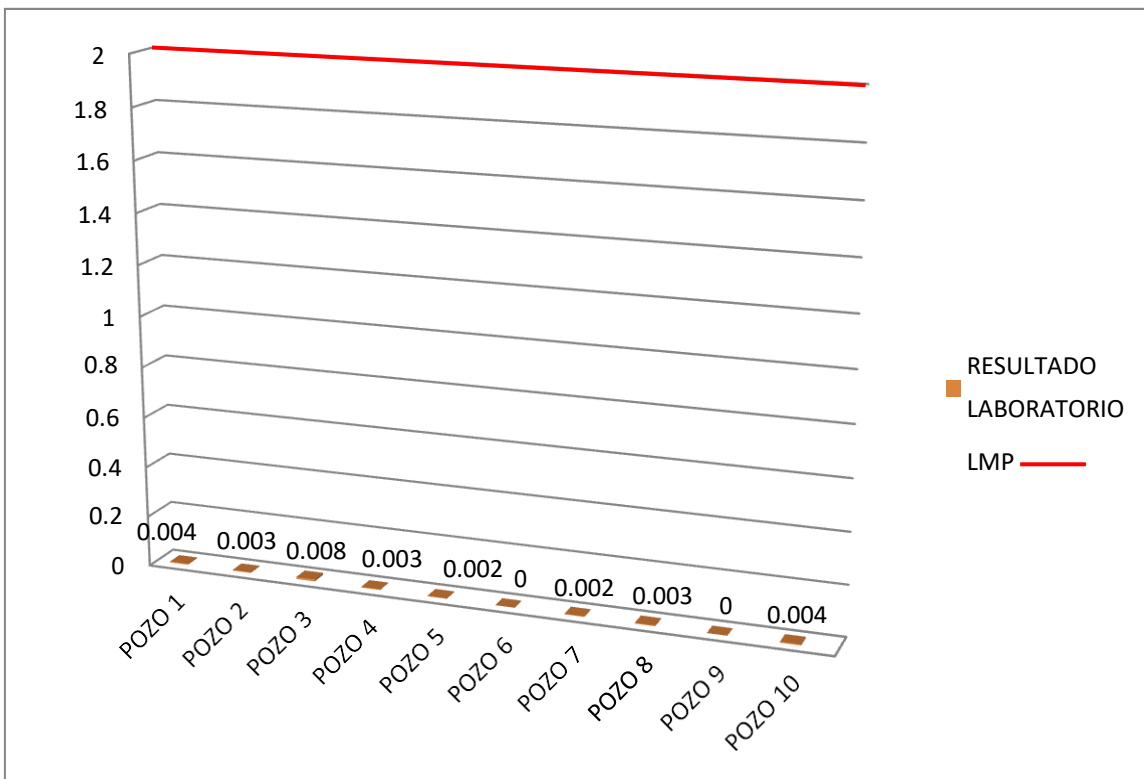


Figura 43. Determinación del cobre

Elaboración propia

Las concentraciones de Cu encontradas en los pozos muestreados son bajas (Figura 43), En 2 pozos (pozo 6 y pozo 9) de los 10 puntos, las concentraciones son menores que el límite de detección del método (0.002 mg.L⁻¹) y en 8

pozos se logró cuantificar con valores que van desde los $0.002\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ hasta $0.008\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Estos valores podrían estar asociados a los niveles normales presentes en la naturaleza ya que en el agua potable normalmente varían entre $0.01\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y $0.5\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (OPS, 1987).

Zinc (Zn)

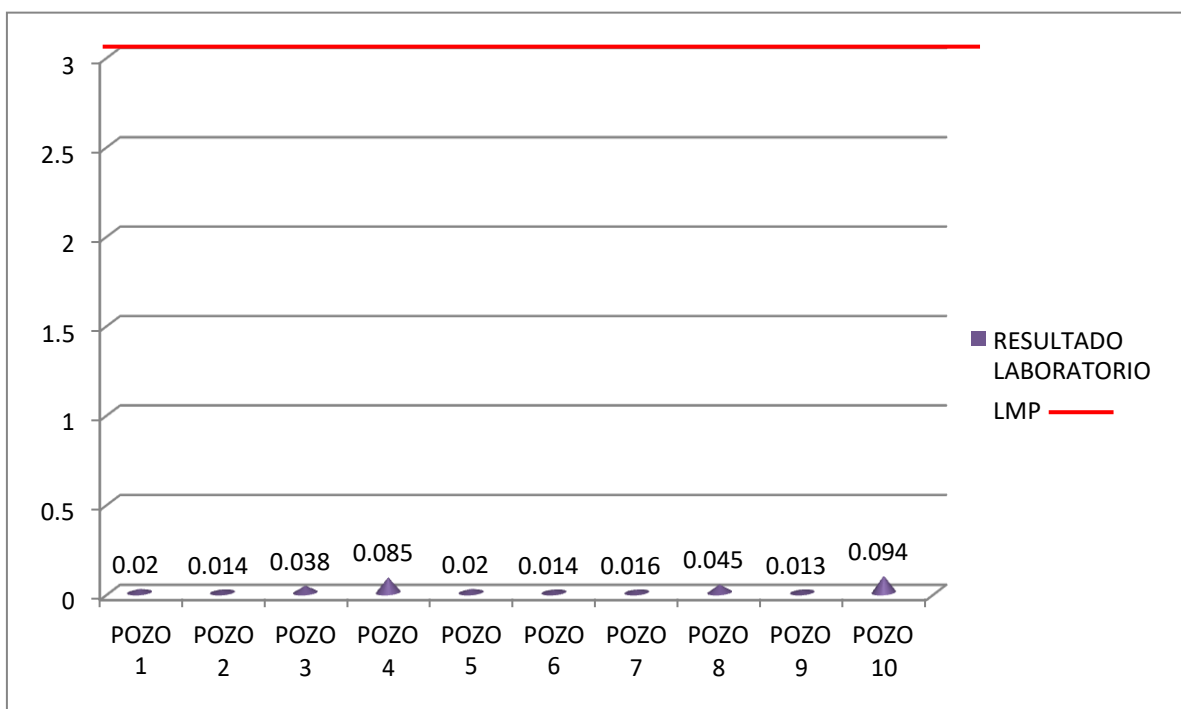


Figura 44. Determinación del zinc
Elaboración propia

El Zn se encontró en los 10 pozos muestreados (Figura 44), en ninguno de ellos se reportaron concentraciones mayores al máximo permisible por el reglamento de calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA (3 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$). Las mayores concentraciones fueron encontradas en los pozos 10 y 4 con $0.094\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y $0.085\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ respectivamente.

Las concentraciones y distribución del Zn en el ambiente están relacionadas con la composición de la corteza terrestre y en muchos casos dependen de los factores de proximidad a la fuente que emitan este elemento. Las concentraciones encontradas en todos los puntos

muestreados pueden estar relacionadas con las concentraciones naturales en los suelos ya que son estimadas entre 0.001 y 0.3 mgkg⁻¹ y en el agua natural de 0.01 a 1 mgL⁻¹, esto da la posibilidad de que las concentraciones del Zn tengan su origen en su alta solubilidad como sales de cloruro y sulfatos que fácilmente llegan al agua subterránea (OPS, 1987) como una fracción de los lixiviados producidos en el vertedero.

Con los parámetros de calidad organoléptica se realizó el análisis estadístico de “conglomerados jerárquicos” cuyos resultados se muestran en la Figura 45. Con el objeto de identificar comportamientos característicos de cada uno de los pozos muestreados, donde se han identificado grupos (Conglomerados) que a continuación se detallan:

Conglomerado (1): Pozos con elevados valores de conductividad, STD, cobre y Zinc pero que se encuentran dentro de los LMP establecido en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA, los pozos 1, 2, 3, 4,8 y 10 pertenecen a este grupo.

Conglomerado (2): Pozos que presentan valores bajos de conductividad, STD, cobre y Zinc, los pozos 5, 6 y 7, pertenecen a este grupo.

Conglomerado (3): Pozos que no están siendo afectados por lixiviado, ningún parámetro de calidad organoléptica sobrepasa los LMP establecidos en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA, el pozos 9 pertenecen a este grupo.

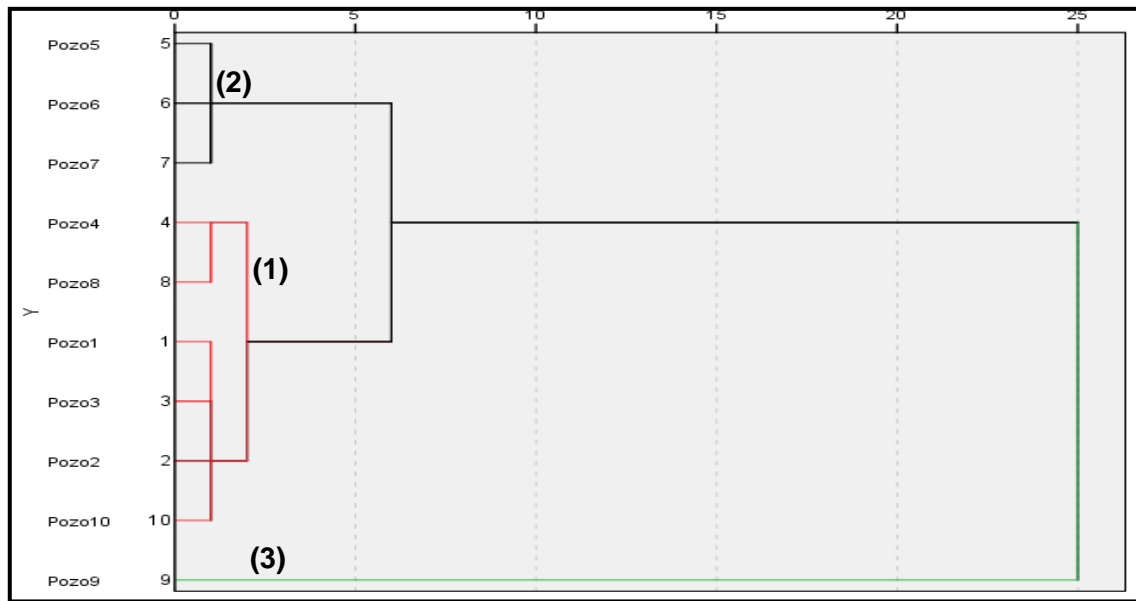


Figura 45. Dendrograma de conformación de conglomerados de los parámetros de calidad organoléptica
Elaboración Propia

- Parámetros químicos inorgánicos

Arsénico (As), cadmio (Cd) y mercurio (Hg)

Las concentraciones de As, Cd y Hg en el agua subterránea de los pozos están por debajo del límite de detección del método analítico (0.002 mgL^{-1} , 0.001 mgL^{-1} y 0.0001 mgL^{-1} respectivamente).

Esto nos indica que el agua potable no está contaminada con Arsénico, Cadmio y Mercurio, ni son un riesgo para la salud pública de la población que se abastece de estos pozos.

El As es un elemento común presente en el medio ambiente de forma natural, algunas veces asociado a los compuestos del azufre y fuentes termales. El incremento de las concentraciones que sobrepasan los niveles naturales muchas veces está asociado a la contaminación antropogénica dada por las descargas industriales y en muchos casos asociada a plaguicidas arsenicales usados en la agricultura y en el curado de maderas. En el humano

cuando hay casos de envenenamientos, afecta el sistema nervioso central, el sistema gastrointestinal, los conductos respiratorios y la piel (OPS, 1987).

El Cadmio es un elemento poco común, se encuentran altas concentraciones en regiones muy específicas de la tierra, la distribución en todo el planeta está a nivel de trazas, donde las aguas no contaminadas contienen menos de 0.001 mgL^{-1} . La presencia del Cd en alimentos, suelo, aire, agua y plantas en los últimos años es provocada por la contaminación proveniente del desarrollo industrial al ser utilizado para electroplatinado y para pigmentos en pintura, tinta de impresión y plásticos; además es ampliamente usado como estabilizador para plásticos de PVC, en baterías eléctricas, en tubos fluorescentes y de video. Muchos de estos usos, tienden a hacer que el elemento esté disponible en el agua que entra en contacto con depósitos sepultados (vertederos y rellenos sanitarios). La exposición a niveles de cadmio superiores a 0.003 mgL^{-1} por periodos cortos de tiempo, puede causar náuseas, vómitos, diarreas, calambres, daños al hígado y otros. Cuando la exposición a niveles superiores a 0.003 mgL^{-1} es por largo tiempo, a lo largo de la vida, se producen daños a los riñones, al hígado, a los huesos y a la sangre.

Las concentraciones de Hg consideradas naturales en el agua son de 0.0002 mgL^{-1} (OPS, 1987).

Cloro residual

De los 10 pozos muestreados no se detectó en ninguno de estos, cloro residual buscado según el método y la técnica de sensibilidad utilizada por el laboratorio.

Esto nos indica que los pozos no reciben ningún tipo de desinfección, siendo un riesgo para la salud pública de la población que se abastece de estos pozos ya que no cumplen con lo establecido en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA, que establece un nivel máximo de cloro residual de 0.5 mgL^{-1} .

Cromo (Cr)

De los 10 pozos muestreados, solo en el pozo 3 que se encuentra en el Caserío Nueva Unión se detectó Cr con un valor de 0.001 mgL^{-1} , el cual no sobre pasa el valor permitido de 0.050 mgL^{-1} (D.S. N° 031-2010-SA). Estas concentraciones que se presentan (Tabla 11), indican que el agua potable no está contaminada con Cr ni es un riesgo para la salud pública de la población que se abastece de estos pozos.

Las concentraciones de Cr en la naturaleza son bajas, menores a 0.0097 mg.L^{-1} en el agua y $0.00002 \text{ mg}\cdot\text{m}^3$ en el aire, las cantidades industriales se restringen a pocos países y su aumento se da por la influencia de actividades industriales, empleo de lodos cloacales como fertilizantes. A pesar de ser un elemento muy insoluble éste es incorporado al agua subterránea si está siendo influenciado por pH ácido o si se encuentra en forma de sales de sulfato de cromo o complejos químicos (OPS, 1987).

Plomo (Pb)

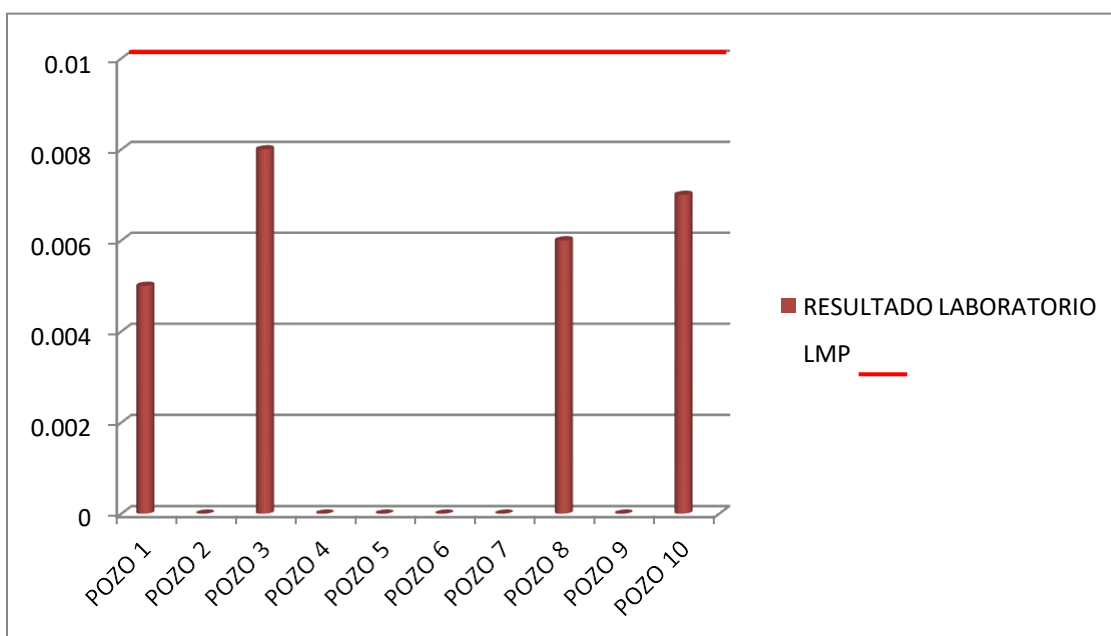


Figura 46. Determinación del plomo

Elaboración propia

El Pb se encontró en los 10 pozos muestreados (Tabla 11), en 6 de ellos se presentaron concentraciones menores al límite de detección del método (0.001 mg.L^{-1}) y en ninguno de ellos se reportaron concentraciones mayores al máximo permisible por el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA (0.01 mg.L^{-1}). Las mayores concentraciones fueron encontradas en los pozos 3 y 10 con 0.008 mg.L^{-1} y 0.007 mg.L^{-1} respectivamente

El Pb es un metal común en la naturaleza, se encuentra formando parte de rocas y minerales, los que son incorporados al agua y aire a través de la desgasificación natural de la corteza terrestre, por lo tanto las concentraciones consideradas naturales en el agua son de 0.001 a 0.01 mg.L^{-1} (OPS, 1987).

4.2.2.3. Análisis consolidado

Tabla 12: Situación del cumplimiento de los LMP del reglamento de la calidad de agua para consumo humano

Total de pozos en el área de influencia del estudio (radio 1.5 km)	Pozos evaluados	Pozos que cumplen con los parámetros microbiológicos	Pozos que cumplen con los parámetros físico-químicos	Pozos seguros	Pozos en mediano riesgo	Pozos en riesgo
16	10	2	1	0	1	9

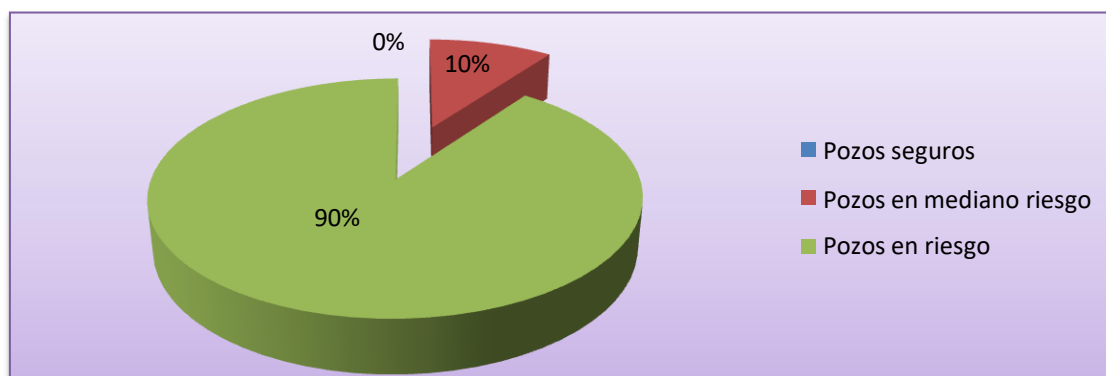


Figura 47: Porcentaje de pozos seguros, en mediano riesgo y en riesgo

Elaboración propia

Al analizar la calidad físico-químico y la calidad microbiológica por separado, se establece que 1 pozo cumple el primer componente y 2 pozos cumplen con el segundo. Aunque, la norma es clara al señalar que se debe cumplir con los dos parámetros para que el agua sea apta para el consumo humano.

Preocupa el alto porcentaje de pozos que no cumplen con los límites y por lo tanto es agua no apta para el consumo humano, 90% (9 pozos).

4.3. ANALISIS GEOGRÁFICO DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LOS POZOS MUESTREADOS

4.3.1. Análisis geográfico de la contaminación microbiológica

La contaminación microbiológica de las muestras de agua subterránea se determinó en base a la calidad microbiológica del agua y pueden clasificarse como no contaminado en un 20%; contaminación media en un 30% y contaminación alta en un 50% (ver Figura 48).

La calidad microbiológica del agua para beber establecida por el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano (2010) se puede alcanzar mediante un sistema de cloración controlado ya que las aguas subterráneas con mayor densidad de organismos coliformes fecales requieren una mayor dosificación de cloro.

Tabla 13: Situación de la contaminación microbiológica de los pozos muestreados

Pozo	Calidad microbiológica del agua	Contaminación Microbiológica
Pozo 1	Peligrosa	Contaminación media
Pozo 2	Muy contaminada	Contaminación alta
Pozo 3	Muy contaminada	Contaminación alta
Pozo 4	Muy contaminada	Contaminación alta
Pozo 5	Muy contaminada	Contaminación alta
Pozo 6	Muy contaminada	Contaminación alta
Pozo 7	Peligrosa	Contaminación media
Pozo 8	Peligrosa	Contaminación media
Pozo 9	Aceptable	No contaminado
Pozo 10	Aceptable	No contaminado

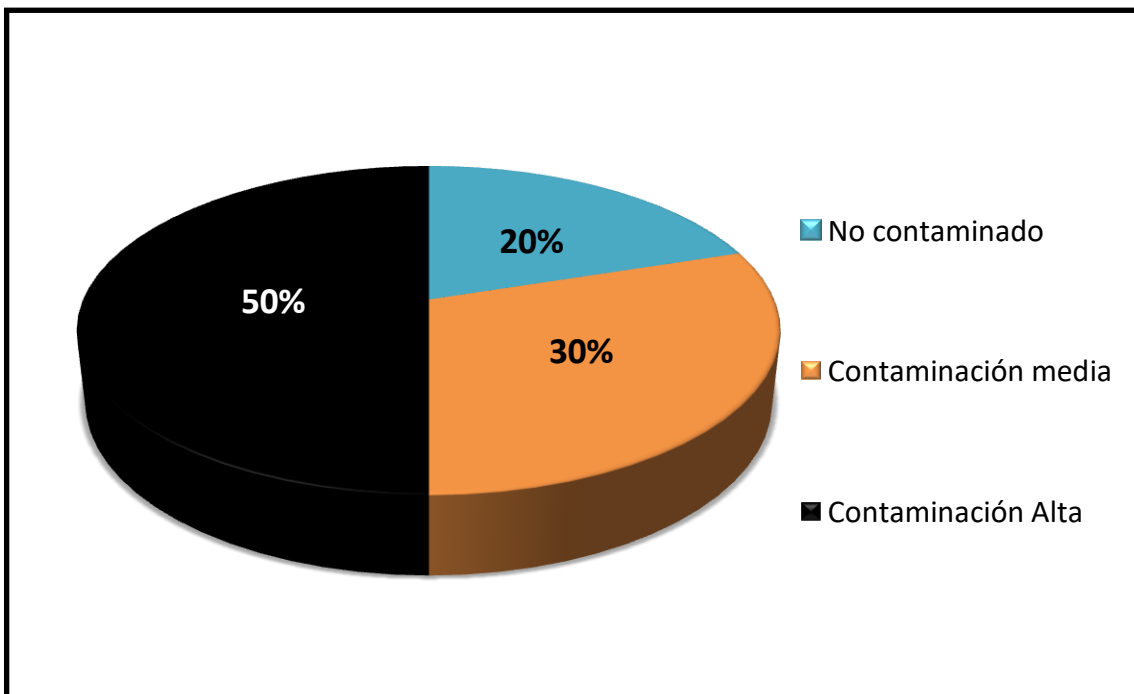
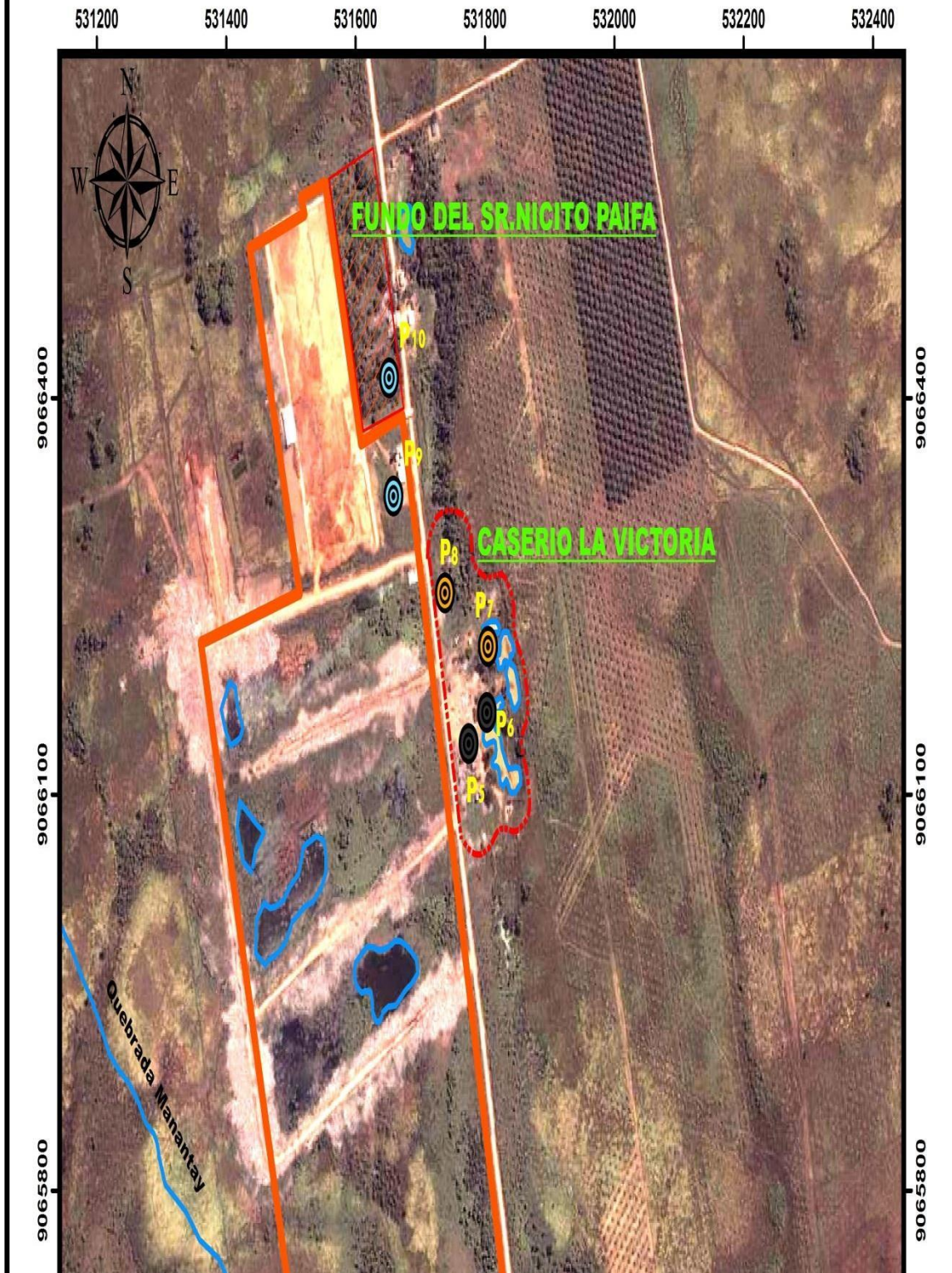


Figura 48. Contaminación Microbiológica de los pozos muestreados
Elaboración propia

MAPA DE DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LA CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA



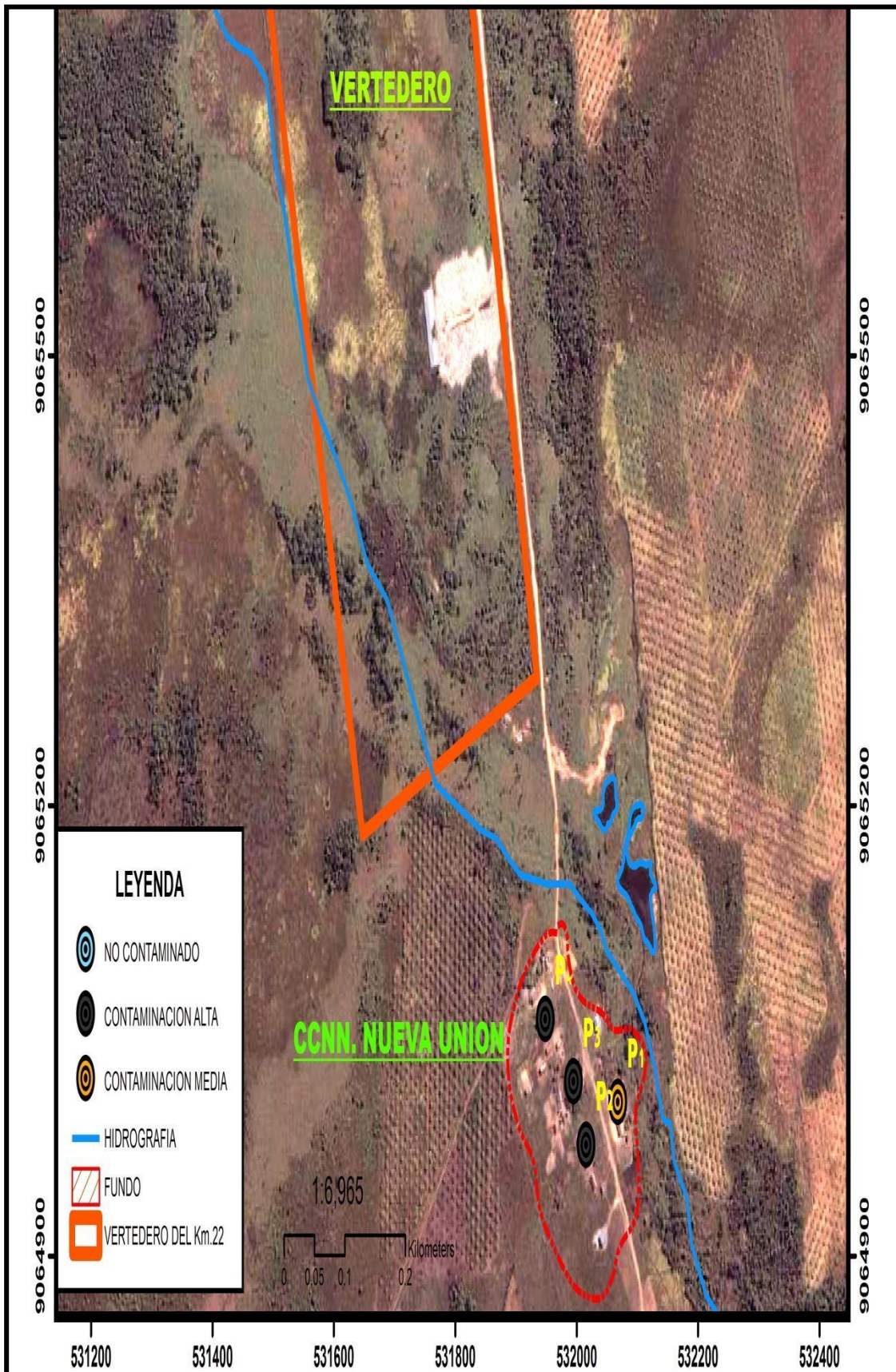


Figura 49. Mapa de Distribución Geográfica de la Contaminación Microbiológica del Agua
 Elaboración Propia.

De acuerdo a los niveles de contaminación de cada pozo y a su respectiva ubicación en su zona podemos decir que:

- El Vertedero y el Fundo del Sr. Nicito Paifa no se encuentran contaminados por Coliformes Totales y Termotolerantes, debido a que los pozos se encuentran en buenas condiciones (constructivas y de manejo).
- La CC.NN. Nueva Unión y el Caserío La Victoria tienen una contaminación media y alta de Coliformes Totales y Termotolerantes.

4.3.2. Análisis geográfico de la contaminación físico-químico

En lo que respecta a la calidad físico-química del agua subterránea para fines de abastecimiento en los alrededores del vertedero, de manera general se tiene una calidad aceptable para la mayoría de los 10 pozos estudiados, ya que únicamente 4 de los 14 parámetros estudiados no cumplen con lo establecido en el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano (2010) respecto a los parámetros de pH, turbiedad, cloro residual y aluminio.

Tabla 14: Situación de la contaminación físico-químico de los pozos muestreados

Pozo	Contaminación físico-químico del agua
Pozo 1	Contaminación media
Pozo 2	Contaminación alta
Pozo 3	Contaminación alta
Pozo 4	Contaminación alta
Pozo 5	Contaminación alta
Pozo 6	Contaminación alta
Pozo 7	Contaminación alta
Pozo 8	Contaminación alta
Pozo 9	No contaminado
Pozo 10	Contaminación media

Elaboración Propia

La contaminación físico-químico se clasifico en 4 niveles son: sin contaminación, aquellos pozos que cumplen con los LMP del reglamento (10%); nivel bajo, los pozos en que únicamente un parámetro excede el límite; nivel medio, los pozos en donde 2 o 3 parámetros exceden el límite (20%) y; el alto, los pozos en los que se excede el límite en 4 parámetros (70%) (Figura 50).

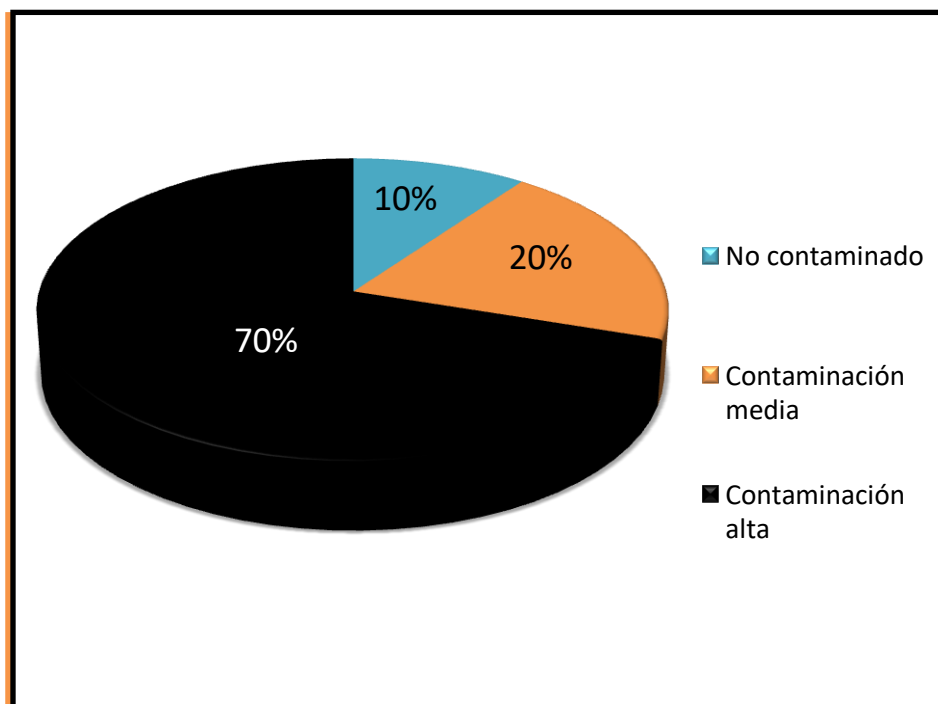
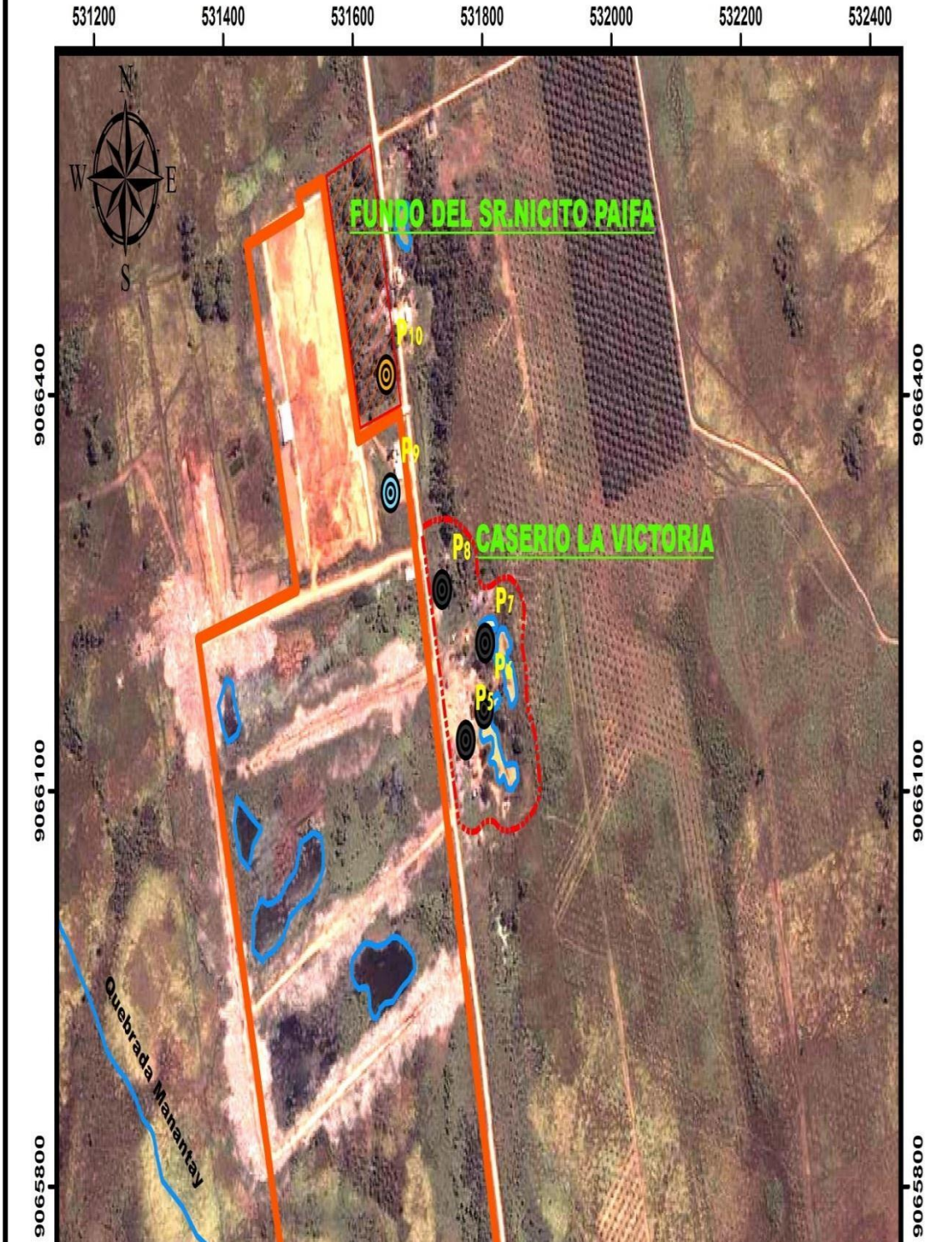


Figura 50. Contaminación Físico-químico de los pozos muestreados
Elaboración propia

MAPA DE DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LA CONTAMINACION FISICOQUIMICA



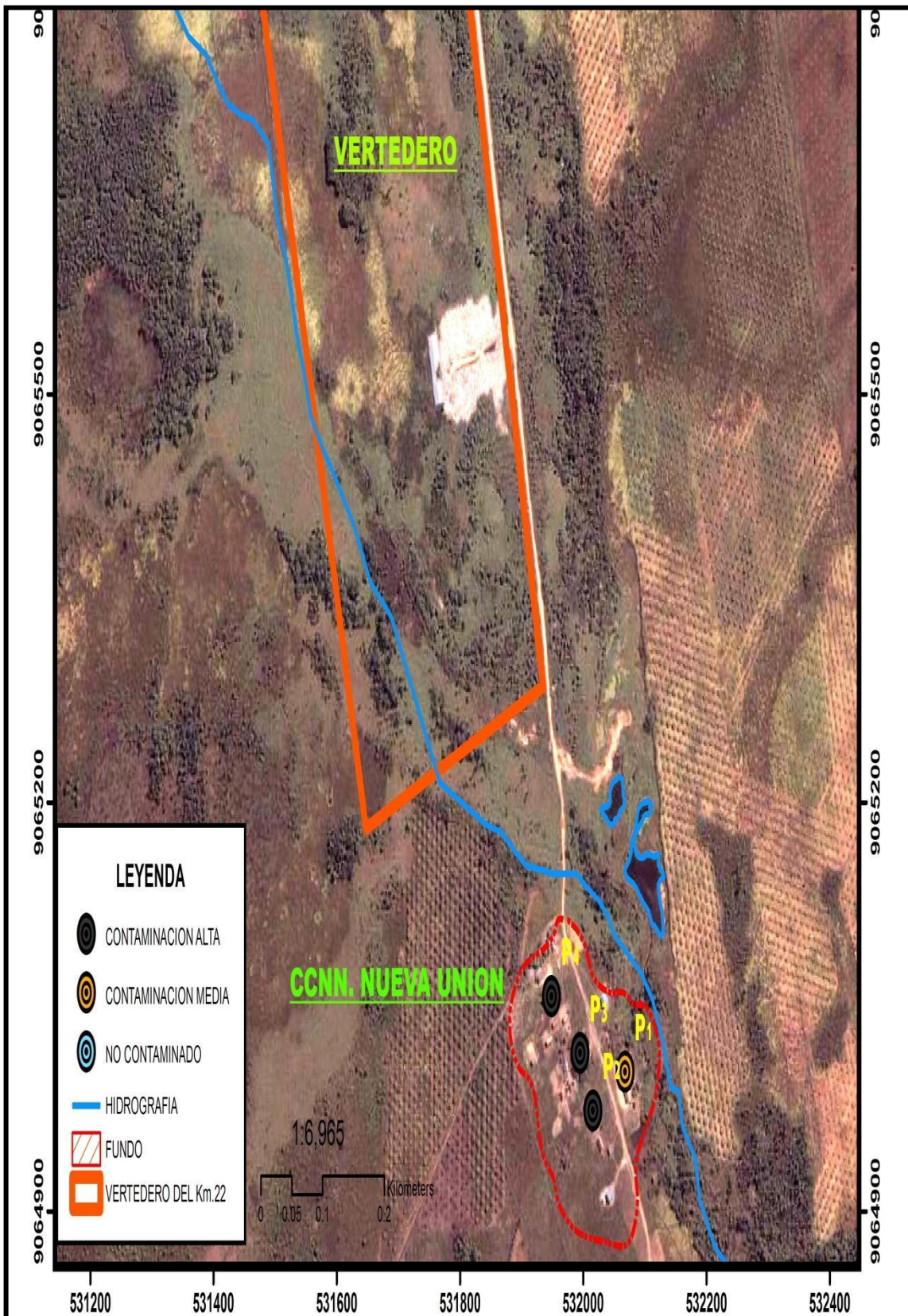


Figura 51. Mapa de Análisis Geográfico de la contaminación Físico-química del agua
 Elaboración Propia.

De acuerdo a los niveles de contaminación de cada pozo y a su respectiva ubicación en su zona podemos decir que:

- En la zona del vertedero no se detectó contaminación físico-química, por lo que este pozo no fue afectado por el lixiviado, favorecido principalmente por la profundidad que tiene el pozo (70 m.) y el material geológico. Además que en estudios realizados se demostró que la densidad del lixiviado es similar al del agua subterránea, por tanto es difícil que esta pueda alcanzar profundidades considerables.
- El Fundo del Sr. Nicito Paifa tiene una contaminación media, que indica que este pozo está siendo afectado por el lixiviado, aunque la mayoría de los indicadores cuentan con valores elevados en dicho lugar (no necesariamente sobrepasan los LMP del reglamento de calidad de agua de consumo), los Coliformes son inexistentes. Esta contradicción puede ser aclarada si concluimos que además de una buena condición adecuada (constructivo y mantenimiento), este pozo recibe un tratamiento adecuado (cloración, aunque a la hora del muestreo no se detectó), eliminándose así la existencia de microorganismos como los Coliformes.
- El Caserío la Victoria tienen una contaminación alta. Este hecho podría ser explicado por la cercanía de los pozos al vertedero, además por la existencia de un flujo de agua subterránea contaminada.
- En la zona de la CC.NN. Nueva Unión se detectó una contaminación alta. Este hecho podría ser explicado por influencia de la quebrada Alto Manantay, debido a que por infiltración superficial el lixiviado (corre lixiviados por canales naturales) es transportado hasta la quebrada, y por la existencia de un flujo de agua subterránea contaminada

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Los pozos muestreados adolecen de sistema de tratamiento a excepción del pozo 10 en el cual no se detectó cloro residual al momento del muestreo. Así mismo solo 2 de ellos tienen una infraestructura adecuada, utilizan bombas sumergibles para transportar agua desde el pozo. Además, en los 8 pozos restantes el agua no se bombea. El método más común para retirar agua, es con baldes.
- Tomando en consideración la cantidad de lixiviado que se ha venido y se viene generando en el vertedero (670.11 m³/día), las precipitaciones relativamente abundantes en la zona, las concentraciones de los contaminantes y los problemas técnicos que tiene este botadero como: no contar con una capa permeable que evite el contacto de los lixiviados con el suelo y la contaminación del agua subterránea, ausencia de un sistema de evacuación de lixiviado, carencia de drenaje de agua fluvial a pesar de que la zona es lluviosa; aparentemente el vertedero está influenciando en la calidad del agua subterránea por medio del lixiviado que se viene generando que son incorporados al agua subterránea al producirse la recarga por precipitación.
- A nivel general podemos decir que las concentraciones de los coliformes totales y termotolerantes en los pozos muestreados, a excepción de los pozos 9 y 10, superan los valores máximos admitidos por el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA. Esto debido a la mala situación de los pozos tanto constructivo y de mantenimiento. La presencia de Coliformes Totales y Termotolerantes, debe ser considerada con mucha atención, ya que el agua puede ser vehículo de diversas enfermedades.

- Las concentraciones de los metales pesados (con excepción del Al) analizados en el agua subterránea de pozos de los alrededores del vertedero del Km. 22 no superan los valores máximos admitidos por el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA. Esto es debido a que los residuos industriales son generalmente reciclado en la zona de estudio y existe poco ingreso de metales al vertedero, y a la buena capacidad de mitigación de los suelos.
- Las concentraciones de Aluminio en los pozos muestreados (excepción del pozo 9) sobrepasan los rangos establecidos en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA. Hay que realizar mayor número de mediciones de éste parámetro, ya que altas concentraciones de Aluminio producen enfermedades tales como el mal de Alzheimer, las cuales generan daños irreversibles en las células del cerebro.
- Las mayores concentraciones de los parámetros químicos evaluados en este estudio, se encuentran en el pozo 3 ubicado aguas abajo del vertedero; indicando que pueden provenir del vertedero y están contaminando las aguas subterráneas.
- La calidad microbiológica del agua subterránea en los alrededores del vertedero en niveles de contaminación, puede clasificarse como no contaminadas en un 20%, contaminación media en un 30% y muy contaminadas en un 50%; por lo tanto, es de gran importancia la cloración de los pozos para la purificación de las aguas; ya que el 100% de los pozos no están clorados.
- Las clasificaciones de la calidad físico-químico del agua subterránea en niveles de contaminación en función al número de parámetros físico-químicos que no cumplen los LMP del reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA (pH, turbiedad, cloro residual y aluminio), fueron: sin contaminación, aquellos pozos que cumplen con el límite (10%); contaminación media, los pozos en donde

2 o 3 parámetros excedieron el límite (20%) y contaminación alta, los pozos en los que se excede el límite en 4 parámetros (70%).

- En la zona del vertedero no se encontró contaminación tanto microbiológica como físico-químico, debido a la profundidad del pozo (70 m); en el Fundo del Sr. Nicito Paifa no se detectó contaminación microbiológica, pero la contaminación físico-químico es media, indicado que las aguas están siendo impactadas por lixiviados; y en el caserío La Victoria y la CC.NN Nueva Unión, la contaminación es alta, debido a la existencia del flujo de aguas contaminadas.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda controlar el consumo de agua de pozos que se encuentren a los alrededores del vertedero, debido a las altas concentraciones de Coliformes Totales y Termotolerantes encontradas, ya que el agua puede ser vehículo de diversas enfermedades.
- Es necesario desarrollar investigaciones dirigidas a definir la pluma de contaminantes para determinar qué tan generalizada es en ese lugar la contaminación y su comportamiento en el tiempo.
- Realizar una investigación de la composición de los lixiviados que se generan en el vertedero del Km. 22.
- La población del caserío La Victoria y de la CCNN. Nueva Unión debe ser reubicada debido a que el agua que consumen representa un riesgo para su salud, por el alto contenido bacteriológico.
- Para acuíferos ubicados en zonas de alto riesgo de contaminación de características similares a las analizadas en este estudio, y con mayor razón si constituyen fuentes principales de agua para consumo humano,

se debe exigir los estudios que comprendan el cabal desarrollo de los siguientes temas:

- Homogeneidad del suelo, es decir, establecer el grado de concentración de arcillas en el terreno, presentar valores porcentuales en peso, de arena, sílice y arcilla, y coeficiente de permeabilidad media del suelo.
 - Nivel de la napa freática, especificando: profundidades del nivel, sentido del flujo hidráulico subterráneo, inventario detallado de pozos, análisis de la calidad físico-química y bacteriológica de las aguas subterráneas.
 - Hidrología, con información histórica no menor a 50 años sobre: caudales, niveles de escorrentía y análisis de la calidad físico-química y bacteriológica de las aguas superficiales.
 - Espesor de la capa no saturada, calculada con relación a la profundidad de la superficie piezométrica que tenga en cuenta la altura máxima de la masa geológica a lo largo de su historia hidrológica.
 - Evaluación socioeconómica, consulta mediante encuestas sobre las expectativas de la población circundante en relación al vertedero.
 - Evaluación minuciosa de las consideraciones geológicas, características litológicas y estructurales del terreno, tales como: la capacidad de retención del suelo, litología, aireación, humedad, nutrientes, porcentajes de arena, sílice, arcilla entre otros.
- En virtud de que en el área se utilizan pozos de agua como fuentes de abastecimiento para la población, se requiere realizar estudios más profundos a los pozos que se encuentren ubicados en los alrededores del vertedero, sobre todo en la dirección del flujo de agua, a fin de decidir sobre su uso o clausura y así evitar riesgos de exposición de la población a estos contaminantes.
 - Se recomienda llevar a cabo un programa de monitoreo de la calidad de agua subterránea y aplicar modelos ambientales para evaluar el

transporte y transformación de contaminantes proveniente del vertedero sobre los acuíferos.

- Llevar a cabo campañas para promover el uso y la correcta aplicación de purificadores de agua: cloro, lejía, etc., así como el correcto manejo del agua para consumo humano antes, durante y después de su purificación. Por ejemplo, promover el uso de recipientes adecuados, mantenerlos limpios y tapados, no introducir objetos que no estén perfectamente limpios, etc.

BIBLIOGRAFIA

1. Aluko, S. (2005). Application of constructed wetlands to the treatment of leachates from a municipal solid waste landfill in Ibadan, Nigeria. *Journal of Environmental Health* N°. 67(10): 58-62.
2. Bautista G., L. F. & Timoshina L., T. (2005). Descomposición de materia orgánica recalcitrante en lixiviados pretratados de rellenos sanitarios por medio de procesos de oxidación avanzada. Instituto Politécnico Nacional. México. Consultado en:
<http://termo.esiquie.ipn.mx/seminarios/LuisFelipe21.pdf> Fecha de consulta 05 de Enero 2014.
3. Cerros, G. (2007). Un enfoque de gestión ambiental del recurso hídrico desde la perspectiva de la vulnerabilidad de acuíferos. Antiguo Cuscatlan, El Salvador.
4. Christensen, Thomas H., et al. (2001). Biogeochemistry of Landfill Leachate plumes. *Applied geochemistry*. s.l. : Elsevier Science Ltd., 2001. Vol. 16, pp. 659-718.
5. Cossu, R. (2009). I have a dream. *Waste Management* 29: 1465-1466
6. Custodio E. Llamas M. 1976. Hidrología Subterránea. Ediciones Omega S.A., Barcelona. Primera Edición. Tomo I y II
7. Custodio E. Llamas M. (2001). Hidrología Subterránea. Ediciones Omega S.A., Barcelona. Segunda Edición. Tomo I y II
8. Custodio, E.; Llamas, M. (2004). Hidrológica subterránea. Barcelona: Ediciones Omega, S.A.
9. Caracterización del departamento de Ucayali con fines de ordenamiento territorial, (2007). Disponible en:
<http://ibcperu.org/doc/isis/12377.pdf>
10. Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). (2010). Reglamento de la calidad de agua para consumo humano.
11. Ehrig Hans-Jürgen, (1999). Cantidad y Contenidos de Lixiviados de Rellenos de Desechos Domésticos. CEPIS/OPS. CEPIS/OPS. Consultado el 01 Enero 2014. Disponible en:
<http://www.cepis.org.pe/eswww/fulltext/curso/cantidad/cantidad.html>
12. El-Gendy AS, Biswas N, Bewtra JK. (2006). Municipal landfill leachate treatment for metal removal using water hyacinth in a floating aquatic system. *Water Environment Research*, 78 (9): 951-964.

13. Environmental Protection Agency (US). (1986). Gold Book - Water Quality for Water. 144-147. Available from: http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/criteria/aqlife/upload/2009_01_13_criteria_goldbook.pdf
14. EPA. (2008). Compilation of Ground-Water Models. Washnigton DC: United States Enviromental Agency. 288p.
15. Fatta, Despina, Papadopoulos, Achilleas and Loizidou, Maria. (1999). A Study the Landfill Leachate and its impact on the Groundwater Quality of the Greater Area. Ntherlands: Enviromental Geochemistry and Health, 1999. Vol. 21, pp. 175-190.
16. GILBERT, M.; Wendell, E. (2008). Introducción a la ingeniería medioambiental. 3ra edición. Madrid, España.
17. GIRALDO, E. (2006). Tratamiento de lixiviados de rellanos sanitarios: avances recientes. Revista de Ingeniería N°. 14:44-55.
18. Guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos. (2004). Disponible en: <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/1650.pdf>
19. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad (INDECOPI). (1987). Norma técnica Peruana. Agua potable: toma de muestras. Lima. 6p.
20. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad (INDECOPI). (2001). Norma técnica Peruana. Calidad del agua, muestra parte 3: guía para la preservación y manejo de muestras. Lima. 38 p.
21. Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI). (2007). Censo nacional X de población. Resultados definitivos. Perú. Lima.
22. Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI). (2012). Perú: Anuario de estadísticas ambientales. Lima.
23. Junta de Calidad Ambiental. (1997). Reglamento para el manejo de desperdicios sólidos no peligrosos. 12-78.
24. Kehew, Alan E. (2001). Appiel Chemical Hydrogeology. New Jersey: Printece Hall, 2001. p. 368. 0-13-270927-9.
25. Kjeldsen P, Barlaz MA, Rooker AP, Baun A, Ledin A, Christensen TH. (2006). Present and long-term composition of MSW landfill leachate: A review. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 32 (4): 297-336.

26. Kreeith, F. (2004). Handbook of solid waste management. Ed. McGraw-Hill 15- 20 Pág.
27. Ley General de Residuos Sólidos. (2000). Diario el Peruano del 21 de Julio. Perú.
28. Lutfi Al-Mefleh, M. (2003). Investigación relativa a la Minimización de lixiviados en vertederos y su depuración. Tesis doctoral. Madrid, Universidad Politécnica Madrid.
29. McIsaac R, Rowe RK. (2005). Change in leachate chemistry and porosity as leachate permeates through tire shreds and gravel. Canadian Geotechnical Journal, 42 (4): 1173-1188.
30. Menendez, A. (2010). Transporte de contaminantes en el medio acuático, Disponible en: http://laboratorios.fi.uba.ar/lmm/utn/Apunte_TyDCMA.pdf.
31. Ministerio de Salud (MINSA). 2013. Definiciones operacionales y criterios de programación.
32. Moore, J. & Rammaoorthy, S. (2007). Heavy Metals in Natural Waters. Applied Monitoring and Impact Assessment. Ed. Robert S. DeSanto. 269 pag.
33. Municipalidad distrital de Campo Verde (MDCV). (2010). Plan de desarrollo concertado.
34. Municipalidad distrital de Campo Verde (MDCV). (2013). Estudio de caracterización de residuos sólidos.
35. Municipalidad distrital de Yarinacocha (MDY). (2011). Estudio de caracterización de residuos sólidos.
36. Municipalidad Provincial de Coronel Portillo (MPCP). (2004). Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos.
37. Municipalidad Provincial de Coronel Portillo (MPCP). (2006). Estudio geológico, geotécnico del área del relleno.
38. Municipalidad Provincial de Coronel Portillo (MPCP). (2008). Ampliación, Mejoramiento, de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales de la Ciudad de Pucallpa.
39. Municipalidad Provincial de Coronel Portillo (MPCP). (2011). Ampliación, Mejoramiento, de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales de la Ciudad de Pucallpa.
40. Municipalidad Provincial de Coronel Portillo (MPCP). (2012). Estudio de caracterización de residuos sólidos.

41. Municipalidad Provincial de Coronel Portillo (MPCP). (2012). Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos.
42. N.N. (2006). Composición del lixiviado.
43. ORGANIZACION METEOROLOGICA MUNDIAL. (1994). GUÍA DE PRÁCTICAS HIDROLÓGICAS
44. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). (2006). Guías para la calidad del agua potable. Tercera edición. Vol.1.
45. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS). (1983). Guía para la calidad del agua potable. Vol.1 Criterios relativos a la salud y otra información.
46. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS). (2005). Informe de la evaluación regional de los servicios de manejo de residuos sólidos municipales en América Latina Y El Caribe. Washington, D.C. 146p.
47. Osaki K, Kashiwada S, Tatarazako N, Ono Y. (2006). Toxicity testing of leachate from waste landfills using Medaka (*Oryzias Latipes*) for monitoring environmental safety. *Environmental Monitoring & Assessment*, 117 (1-3) 73-84.
48. Pérez, J. (2000). Residuos. [on line]. [Septiembre, 2008]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos10/residuo/residuo.shtml>
49. Plan nacional de acción ambiental Perú 2011-2021.
50. Scott, Jason, et al. (2005). Landfill Management, Leachate Generation, and Leach Testing of Solid Wastes in Australia and Overseas. s.l. : Critical Reviews in Environmental, July 2005. Vol. 35, 3, pp. 239-232. ISSN: 1064-3389.
51. Suthersan, S. (2005). Natural and enhanced remediation systems. New York. 442 pp.
52. VICA, G. (2011). Impacto ambiental y social de la inadecuada disposición de los residuos sólidos urbanos. Cochabamba, Bolivia.
53. Vrijheid, M., (2005). Health effects of residence near hazardous waste landfill sites: a review of epidemiologic literature. *Environmental Health Perspectives* 108 (1): 101- 112.

ANEXOS

ANEXO 1: ESTÁNDARES PARA AGUA POTABLE

Contaminante	Estados Unidos (U. S. EPA, 1993)	Canadá (NHW, 1993)	Internacional (WHO, 1984)
ESTÁNDARES PRIMARIOS^a (salud) MCL			
Coliformes totales	≤5 % de muestras positivas	0/ 100 mL	0
<i>Giardia lamblia</i>	TT ^b		
<i>Legionella</i> , recuento normal en placa, virus	TT (SW) ^b	—	—
Turbidez (NTU, unidades de turbidez nefelométrica)	0.5 – 1.0 NTU	1.0 NTU	1.0 NTU
Sustancias químicas inorgánicas (µg/ L)			
Antimonio	6	—	—
Arsénico	50 ^c	25 ^c	50
Asbesto (fibras de > 10 µm de longitud)	7 x 10 ⁶ / L	—	—
Bario	2000	1000	—
Berilio	4	—	—
Cadmio	5	5	5
Cromo	100	50	50
Cobre	TT ^b	—	
Flúor	4000 ^c	1500	1500
Plomo	TT ^b	10	50
Mercurio	2 (inorgánico)	1	1
Níquel	100	—	—
Nitrato + nitrito	10,000	10,000	10,000
Selenio	50	10	10
Talio	2	—	—
Sustancias químicas orgánicas seleccionadas^d (µg/ L)			
Endrín	2	—	—
Lindano	0.2	4	3
Metoxiclor	40	900	30
Toxafeno	3	—	—
2,4 – D	70	100 ^c	100
2,4,5 – TP	50	—	—
Trihalometanos (total)	100 (1995)	350 (1995)	—

ESTÁNDARES SECUNDARIOS ^e (estética)			
Aluminio	0.5 – 0.20 mg/ L	—	0.2 mg/ L
Cloruro	250 mg/ L	250 mg/ L	250 mg/ L
Color	15 unidades de color	15 unidades de color	15 unidades de color
Cobre	1.0 mg/ L	1.0 mg/ L	1.0 mg/ L
Corrosividad	No corrosivo	—	—
Flúor	2.0 mg/ L ^c	—	—
Agentes espumantes	0.5 mg/ L	—	—
Hierro	0.3 mg/ L	0.3 mg/ L	0.3 mg/ L
Manganeso	0.05 mg/ L	0.05 mg/ L	0.1 mg/ L
Olor	3 TON	No ofensivo	—
pH	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5
Plata	0.1 mg/ L	—	—
Sulfato	250 mg/ L	500 mg/ L	400 mg/ L
Sólidos disueltos totales	500 mg/ L	500 mg/ L	1000 mg/ L
Zinc	5.0 mg/ L	5.0 mg/ L	5.0 mg/ L

^aLos estándares primarios de EUA, llamados *Maximum Contaminant Levels* (MCL, niveles máximos de contaminante), se deben respetar por ley.

^bEstándares basados en los requisitos mínimos de *Treatment Technique* (TT, técnica de tratamiento) o TT(SW) para aguas superficiales.

^cEn revisión (EUA) o pauta provisional (Canadá).

^dLista parcial. Hay MCL promulgados para 61 sustancias orgánicas sintéticas y 16 “propuestos” (U. S. EPA, 1993).

^eLos estándares secundarios de EUA, llamados *Secondary and MCLs* (MCL secundarios), no son de observancia obligatoria por ley.

ANEXO 2: REQUISITOS DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS.

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. <i>E. Coli</i>	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICAS

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mg L ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoníaco	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeseo	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L ⁻¹	0,010
3. Bario	mg Ba L ⁻¹	0,700
4. Boro	mg B L ⁻¹	1,500
5. Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0,003
6. Cianuro	mg CN ⁻ L ⁻¹	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L ⁻¹	5
8. Clorito	mg L ⁻¹	0,7
9. Clorato	mg L ⁻¹	0,7
10. Cromo total	mg Cr L ⁻¹	0,050
11. Flúor	mg F ⁻ L ⁻¹	1,000
12. Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0,001
13. Niquel	mg Ni L ⁻¹	0,020
14. Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
15. Nitritos	mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L ⁻¹	0,010
17. Selenio	mg Se L ⁻¹	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L ⁻¹	0,07
19. Uranio	mg U L ⁻¹	0,015

Nota 1: En caso de los sistemas existentes se establecerá en los planes de adecuación sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL⁻¹.

Nota 2: Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL⁻¹.

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS ORGÁNICOS

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)	mgL ⁻¹	1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL ⁻¹	0,01
3. Aceites y grasas	mgL ⁻¹	0,5
4. Alacloro	mgL ⁻¹	0,020
5. Aldicarb	mgL ⁻¹	0,010
6. Aldrín y dieldrín	mgL ⁻¹	0,00003
7. Benceno	mgL ⁻¹	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,001
10. Endrin	mgL ⁻¹	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL ⁻¹	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL ⁻¹	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL ⁻¹	0,00003
14. Metoxicloro	mgL ⁻¹	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL ⁻¹	0,009
16. 2,4-D	mgL ⁻¹	0,030
17. Acrilamida	mgL ⁻¹	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL ⁻¹	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL ⁻¹	0,0003
20. Benzopireno	mgL ⁻¹	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL ⁻¹	0,03
22. Tetracloroetano	mgL ⁻¹	0,04
23. Monocloramina	mgL ⁻¹	3
24. Tricloroetano	mgL ⁻¹	0,07
25. Tetracloruro de carbono	mgL ⁻¹	0,004
26. Ftalato de di (2-etilhexilo)	mgL ⁻¹	0,008

27. 1,2- Diclorobenceno	mgL ⁻¹	1
28. 1,4- Diclorobenceno	mgL ⁻¹	0,3
29. 1,1- Dicloroeteno	mgL ⁻¹	0,03
30. 1,2- Dicloroeteno	mgL ⁻¹	0,05
31. Diclorometano	mgL ⁻¹	0,02
32. Ácido edético (EDTA)	mgL ⁻¹	0,6
33. Etilbenceno	mgL ⁻¹	0,3
34. Hexaclorobutadieno	mgL ⁻¹	0,0006
35. AcidoNitrilotriacético	mgL ⁻¹	0,2
36. Estireno	mgL ⁻¹	0,02
37. Tolueno	mgL ⁻¹	0,7
38. Xileno	mgL ⁻¹	0,5
39. Atrazina	mgL ⁻¹	0,002
40. Carbofurano	mgL ⁻¹	0,007
41. Clorotoluron	mgL ⁻¹	0,03
42. Cianazina	mgL ⁻¹	0,0006
43. 2,4- DB	mgL ⁻¹	0,09
44. 1,2- Dibromo-3- Cloropropano	mgL ⁻¹	0,001
45. 1,2- Dibromoetano	mgL ⁻¹	0,0004
46. 1,2- Dicloropropano (1,2- DCP)	mgL ⁻¹	0,04
47. 1,3- Dicloropropeno	mgL ⁻¹	0,02
48. Dicloroprop	mgL ⁻¹	0,1
49. Dimetato	mgL ⁻¹	0,006
50. Fenoprop	mgL ⁻¹	0,009
51. Isoproturon	mgL ⁻¹	0,009
52. MCPA	mgL ⁻¹	0,002
53. Mecoprop	mgL ⁻¹	0,01
54. Metolacloro	mgL ⁻¹	0,01
55. Molinato	mgL ⁻¹	0,006
56. Pendimetalina	mgL ⁻¹	0,02
57. Simazina	mgL ⁻¹	0,002
58. 2,4,5- T	mgL ⁻¹	0,009
59. Terbutilazina	mgL ⁻¹	0,007
60. Trifluralina	mgL ⁻¹	0,02
61. Cloropirifos	mgL ⁻¹	0,03
62. Piriproxifeno	mgL ⁻¹	0,3
63. Microcistin-LR	mgL ⁻¹	0,001
64. Bromato	mgL ⁻¹	0,01
65. Bromodiclorometano	mgL ⁻¹	0,06

66. Bromoformo	mgL ⁻¹	0,1
67. Hidrato de cloral (tricloroacetaldehído)	mgL ⁻¹	0,01
68. Cloroformo	mgL ⁻¹	0,2
69. Cloruro de cianógeno (como CN)	mgL ⁻¹	0,07
70. Dibromoacetoni-trilo	mgL ⁻¹	0,1
71. Dibromoclorometano	mgL ⁻¹	0,05
72. Dicloroacetato	mgL ⁻¹	0,02
73. Dicloroacetoni-trilo	mgL ⁻¹	0,9
74. Formaldehído	mgL ⁻¹	0,02
75. Monocloroacetato	mgL ⁻¹	0,2
76. Tricloroacetato	mgL ⁻¹	0,2
77. 2,4,6- Triclorofenol		

Nota 3: La suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Cloroformo, Dibromoclorometano, Bromodichlorometano y Bromoformo) con respecto a sus límites máximos permisibles no deberá exceder el valor de 1,00 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{Cloroformo}}}{LMP_{\text{Cloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{LMP_{\text{Dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodichlorometano}}}{LMP_{\text{Bromodichlorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromoformo}}}{LMP_{\text{Bromoformo}}} \leq 1$$

Donde, C: concentración en mg/L, y LMP: límite máximo permisible en mg/L

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS RADIATIVOS

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Dosis de referencia total	mSv/año	0,1
(nota 1)		
2. Actividad global α	Bq/L	0,5
3. Actividad global β	Bq/L	1,0

Nota 1: Si la actividad global α de una muestra es mayor a 0,5 Bq/L o la actividad global β es mayor a 1 Bq/L, se deberán determinar las concentraciones de los distintos radionúclidos y calcular la dosis de referencia total; si ésta es mayor a 0,1 mSv/año se deberán examinar medidas correctivas; si es menor a 0,1 mSv/año el agua se puede seguir utilizando para el consumo.

ANEXO 3. ICONOGRAFÍA

Figura 20. Entrevista a los pobladores



Figura 21. Georreferenciación de los pozos utilizados para consumo humano.



Figura 22: Muestreo a Profundidad



Figura 23. Medición de Parámetros Fisicoquímicos In Situ

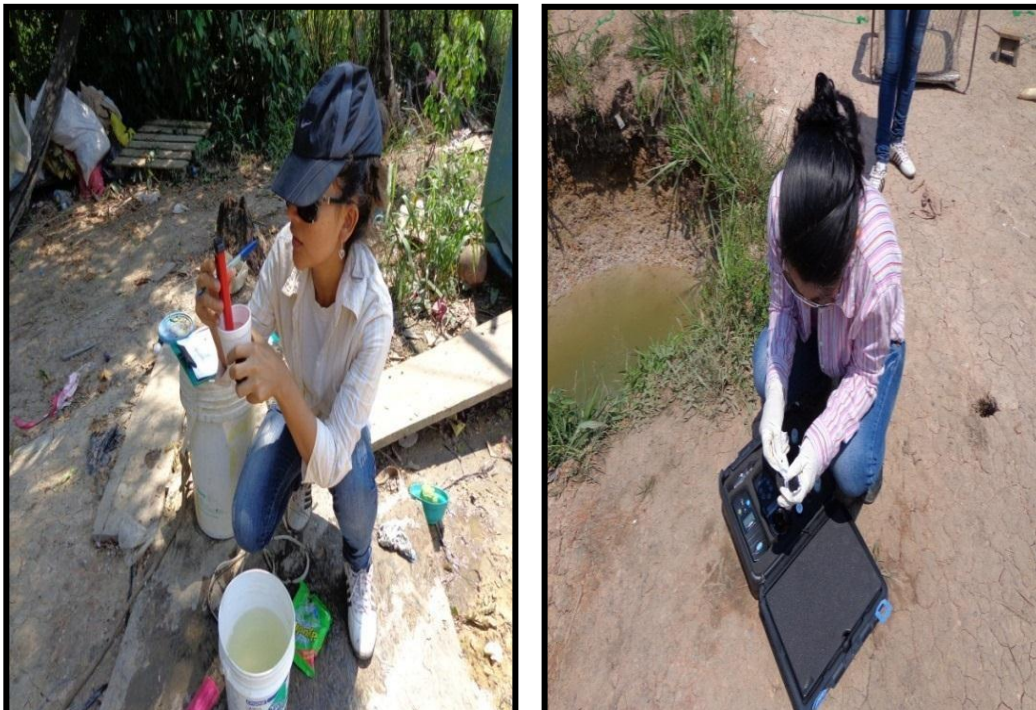


Figura 24: Toma de Muestras



ANEXO 4.1. DATOS DE PRECIPITACIÓN

Meses	2004 (junio-diciembre)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013 (Enero- Octubre)
Enero	116.10	81.60	133.20	49.60	403.50	434.40	75.10	204.90	137.70	137.7
Febrero	103.90	141.10	436.90	204.40	237.50	168.20	168.80	311.80	177.80	177.8
Marzo	232.00	234.50	98.70	202.50	214.40	138.70	270.20	272.90	258.00	258.0
Abril	273.90	203.70	250.10	112.50	227.20	295.10	234.90	165.80	109.00	109.0
Mayo	62.70	26.00	23.70	266.80	123.30	185.40	201.90	219.40	93.50	93.5
Junio	79.40	65.80	44.50	7.80	234.10	36.60	14.50	133.90	100.20	100.2
Julio	186.50	5.40	29.80	16.80	75.00	27.30	64.80	33.60	74.30	74.3
Agosto	126.90	43.80	86.00	88.30	33.40	15.20	45.80	59.10	25.20	25.2
Septiembre	203.70	28.40	53.90	40.90	171.40	67.80	83.10	150.60	58.30	58.3
Octubre	132.00	213.50	161.00	172.90	177.10	170.90	75.80	260.50	157.20	157.2
Noviembre	215.70	137.40	210.00	136.00	9.00	94.20	173.10	178.10	105.70	-
Diciembre	240.70	300.40	137.30	170.30	10.00	84.90	98.30	390.00	188.90	-
total	1,184.90	1,481.60	1,665.10	1,468.80	1,915.90	1,718.70	1,506.30	2,380.60	1,485.80	1,191.2

Fuente: Estación meteorológica de la UNU

ANEXO 4.2. PRODUCCION DE LIXIVIADOS EN EL VERTEDERO

Cálculo mensual de la cantidad de lixiviados, método propuesto por Ehrig (1999)

Meses	Precipitación (mm) (junio 2004 - octubre 2013)	Promedio mensual de precipitación (mm) (junio 2004 - octubre 2013)	Generación promedio de lixiviado (mm/mes)	Generación Promedio de lixiviado (mm/año)	Volumen promedio (m ³ /mes)	Volumen promedio (m ³ /año)	Volumen promedio (m ³ /día)
Enero	1,657.70	184.19	73.68	639.96	28,158.80	244,591.18	670.11
Febrero	2,024.30	224.92	89.97		34,386.11		
Marzo	1,947.90	216.43	86.57		33,088.33		
Abril	1,707.30	189.70	75.88		29,001.34		
Mayo	1,233.50	137.06	54.82		20,953.05		
Junio	817.00	81.70	32.68		12,490.30		
Julio	587.80	58.78	23.51		8,986.29		
Agosto	548.90	54.89	21.96		8,391.58		
Septiembre	916.40	91.64	36.66		14,009.92		
Octubre	1,678.10	167.81	67.12		25,654.79		
Noviembre	1,259.20	139.91	55.96		21,389.61		
Diciembre	1,620.80	180.09	72.04		27,531.99		

Cálculo anual de la cantidad de lixiviados generados en el vertedero del Km. 22, método propuesto por Ehrig (1999)

Variable	2004 (junio- diciembre)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013 (Enero- Octubre)
$W_{A(R)}(\text{mm})$	1,184.90	1,481.60	1,665.10	1,468.80	1,915.90	1,718.70	1,506.30	2,380.60	1,485.80	1,191.20
$\Delta S_{SW}(\text{mm/año})$	473.96	592.64	666.04	587.52	766.36	687.48	602.52	952.24	594.32	476.48
$\Delta S_{SW}(\text{m}^3/\text{año})$	181,147.51	226,507.01	254,560.49	224,550.14	292,902.79	262,754.86	230,283.14	363,946.13	227,149.10	182,110.66
$\Delta S_{SW}(\text{m}^3/\text{día})$	496.29	620.57	697.43	615.21	802.47	719.88	630.91	997.11	622.33	498.93

ANEXO N° 5. ANALISIS ESTADISTICO “CONGLOMERADOS JERARQUICOS”

➤ PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO

Resumen del procesamiento de los casos^a

Casos					
Válidos		Perdidos		Total	
N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
10	100.0	0	.0	10	100.0

a. Vinculación promedio (Inter-grupos)

Matriz de distancias

Caso	distancia euclídea al cuadrado									
	1:Pozo1	2:Pozo2	3:Pozo3	4:Pozo4	5:Pozo5	6:Pozo6	7:Pozo7	8:Pozo8	9:Pozo9	10:Pozo10
1:Pozo1	.000	2081600.000	2081600.000	2081600.000	2081600.000	1081600.000	41600.000	106900.000	4025599.957	4025599.957
2:Pozo2	2081600.000	.000	.000	.000	.000	1000000.000	2440000.000	3058900.000	10439999.916	10439999.916
3:Pozo3	2081600.000	.000	.000	.000	.000	1000000.000	2440000.000	3058900.000	10439999.916	10439999.916
4:Pozo4	2081600.000	.000	.000	.000	.000	1000000.000	2440000.000	3058900.000	10439999.916	10439999.916
5:Pozo5	2081600.000	.000	.000	.000	.000	1000000.000	2440000.000	3058900.000	10439999.916	10439999.916
6:Pozo6	1081600.000	1000000.000	1000000.000	1000000.000	1000000.000	.000	1040000.000	1458900.000	5439999.936	5439999.936
7:Pozo7	41600.000	2440000.000	2440000.000	2440000.000	2440000.000	1040000.000	.000	38900.000	3279999.960	3279999.960
8:Pozo8	106900.000	3058900.000	3058900.000	3058900.000	3058900.000	1458900.000	38900.000	.000	2890899.965	2890899.965
9:Pozo9	4025599.957	10439999.916	10439999.916	10439999.916	10439999.916	5439999.936	3279999.960	2890899.965	.000	.000
10:Pozo10	4025599.957	10439999.916	10439999.916	10439999.916	10439999.916	5439999.936	3279999.960	2890899.965	.000	.000

Resumen del procesamiento de los casos^a

Casos					
Válidos		Perdidos		Total	
N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
10	100.0	0	.0	10	100.0

Esta es una matriz de disimilaridades

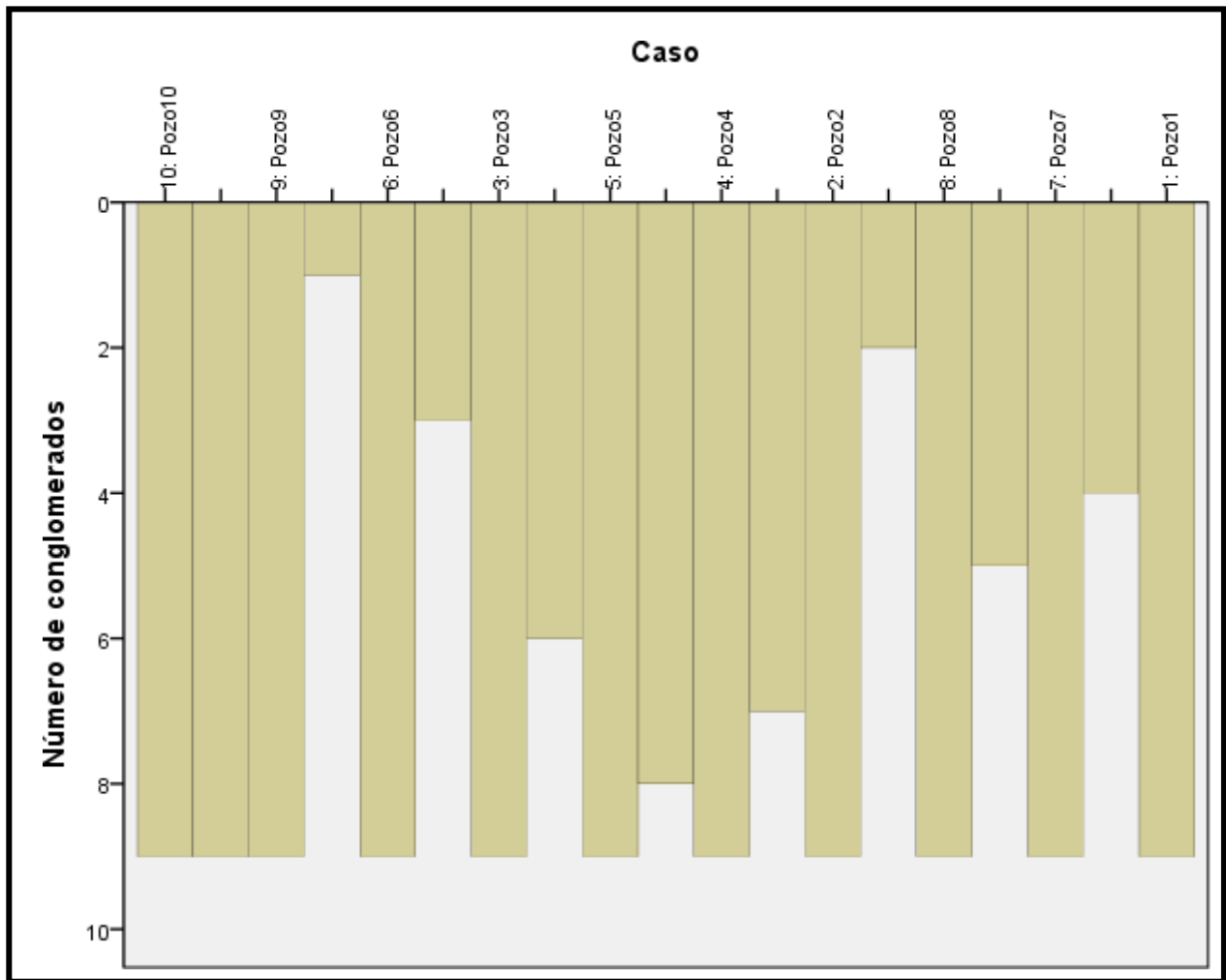
Vinculación promedio (Inter-grupos)

Historial de conglomeración

Etapa	Conglomerado que se combina		Coeficientes	Etapa en la que el conglomerado aparece por primera vez		Próxima etapa
	Conglomerado 1	Conglomerado 2		Conglomerado 1	Conglomerado 2	
	1	9		10	.000	
2	4	5	.000	0	0	3
3	2	4	.000	0	2	4
4	2	3	.000	3	0	7
5	7	8	38900.000	0	0	6
6	1	7	74250.000	0	5	8
7	2	6	1000000.000	4	0	8
8	1	2	2260166.667	6	7	9
9	1	9	7174562.435	8	1	0

Conglomerado de pertenencia

Caso	2 conglomerados
1:Pozo1	1
2:Pozo2	1
3:Pozo3	1
4:Pozo4	1
5:Pozo5	1
6:Pozo6	1
7:Pozo7	1
8:Pozo8	1
9:Pozo9	2
10:Pozo10	2



➤ **PARÁMETROS FISICO-QUIMICOS**

Resumen del procesamiento de los casos^a

Casos					
Válidos		Perdidos		Total	
N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
10	100.0	0	.0	10	100.0

a. Vinculación promedio (Inter-grupos)

Matriz de distancias

Caso	distancia euclídea al cuadrado									
	1:Pozo1	2:Pozo2	3:Pozo3	4:Pozo4	5:Pozo5	6:Pozo6	7:Pozo7	8:Pozo8	9:Pozo9	10:Pozo10
1:Pozo1	.000	639.100	169.190	11011.326	11373.190	12255.614	16227.159	7345.565	100283.413	1947.653
2:Pozo2	639.100	.000	1188.818	16047.700	7305.671	7851.514	11540.891	11361.814	113743.221	3675.026
3:Pozo3	169.190	1188.818	.000	8843.279	13839.842	14779.638	19184.933	5536.268	94030.832	1269.606
4:Pozo4	11011.326	16047.700	8843.279	.000	44630.693	46246.543	53935.951	441.884	45771.751	4933.725
5:Pozo5	11373.190	7305.671	13839.842	44630.693	.000	80.392	554.851	36688.332	177497.726	20988.612
6:Pozo6	12255.614	7851.514	14779.638	46246.543	80.392	.000	611.789	38076.482	180419.542	21931.856
7:Pozo7	16227.159	11540.891	19184.933	53935.951	554.851	611.789	.000	45276.743	196157.315	27901.757
8:Pozo8	7345.565	11361.814	5536.268	441.884	36688.332	38076.482	45276.743	.000	54503.793	2573.608
9:Pozo9	100283.413	113743.221	94030.832	45771.751	177497.726	180419.542	196157.315	54503.793	.000	76800.222
10:Pozo10	1947.653	3675.026	1269.606	4933.725	20988.612	21931.856	27901.757	2573.608	76800.222	.000

Esta es una matriz de disimilaridades

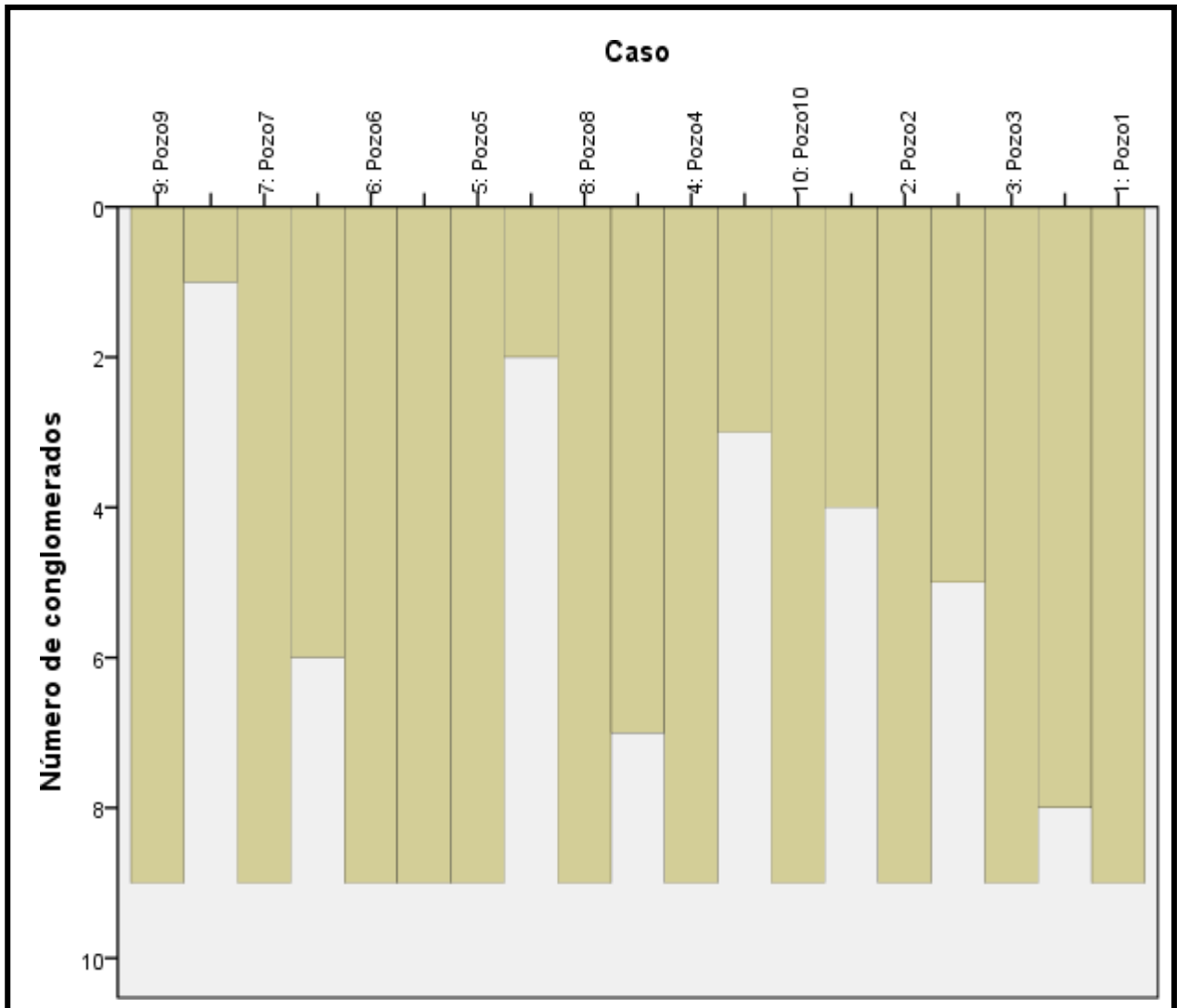
Vinculación promedio (Inter-grupos)

Historial de conglomeración

Etapa	Conglomerado que se combina		Coeficientes	Etapa en la que el conglomerado aparece por primera vez		Próxima etapa
	Conglomerado 1	Conglomerado 2		Conglomerado 1	Conglomerado 2	
1	5	6	80.392	0	0	4
2	1	3	169.190	0	0	5
3	4	8	441.884	0	0	7
4	5	7	583.320	1	0	8
5	1	2	913.959	2	0	6
6	1	10	2297.428	5	0	7
7	1	4	8456.660	6	3	8
8	1	5	25001.968	7	4	9
9	1	9	115467.535	8	0	0

Conglomerado de pertenencia

Caso	3 conglomerados
1:Pozo1	1
2:Pozo2	1
3:Pozo3	1
4:Pozo4	1
5:Pozo5	2
6:Pozo6	2
7:Pozo7	2
8:Pozo8	1
9:Pozo9	3
10:Pozo10	1



ANEXO N° 6. PLANILLA DE POZOS UTILIZADOS PARA CONSUMO HUMANO

N°	Ubicación (Coordenadas UTM-WGS 84)		Tipo de pozo	Construcción	Tiempo de funcionamiento	Profundidad	Finalidad de uso del agua
	Este (m)	Norte (m)					
01	532067.713	9065002.465	Tajo abierto	Tierra	3 años	5 m	Agua para consumo humano
02	532015.764	9064973.990	Tajo abierto	Tierra	4 años	3 m	Agua para consumo humano
03	531994.815	9065016.100	Tajo abierto	Tierra	2 años	4 m	Agua de consumo humano
04	531948.512	9065057.920	Tajo abierto	Tierra	2 años	4 m	Agua para consumo humano
05	531774.963	9066138.430	Tajo abierto	Tierra	40 años	4 m	Agua para consumo humano
06	531803.204	9066162.090	Tajo abierto	Tierra	4 años	4 m	Agua para consumo humano
07	531804.913	9066212.304	Tajo abierto	Tierra	3 años	5 m	Agua para consumo humano
08	531738.289	9066252.580	Tajo abierto	Tierra	3 años	5 m	Agua para consumo humano
09	531658.879	9066326.158	Mixto	Tierra, castillo de cemento y tanque de cemento	1 año	70 m	Agua para consumo humano
10	531651.891	9066415.460	Mixto	Tierra, castillo de madera y tanque de polietileno	9 años	7 m	Agua para consumo humano

ANEXO N° 7. RESULTADOS DEL INFORME DE ENSAYO DEL LABORATORIO REFERENCIAL DE LA DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD

• **Resultados del Pozo 1**

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS MW/FQ-284-13

Solicitante : SANEAMIENTO BASICO.
Programa de Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano

Departamento	Provincia	Distrito	Localidad	Muestra tomada por:
Ucayali	Coronel Portillo	Campo verde	La victoria	Isaac Hernández Flores

DATOS DE LA MUESTRA

Código	Propietario	Dirección	Muestra tomada de	N° de muestra
MW/FQ 284-13	Julia Rengifo Perez	CFB km. 22. Int.5.kms	Pozo artesiano	01

Código	Toma de muestra		Recepción de laboratorio		Análisis	
MW/FQ 284-13	04/09/2013	10:25 a.m.	04/09/2013	1:30 p.m.	04/09/2013	3:00 p.m.

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS Y FÍSICO QUÍMICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ				LMP (*)
		284-13				
Coliformes totales	UFC/100 mL	600				<1
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	160				<1
Conductividad	µ S / cm	169				1500
Sólidos disueltos totales	mg / L	90				1000
Turbiedad	UNT	19,54				5
pH	Valor de pH	7,97				6,5 – 8,5
Temperatura	°C	27,6				ND
Cloro residual libre	mg / L	0,0				0,3 - 0,5

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Anexo I y II

NOTA: En los análisis microbiológicos, un resultado "<1" es equivalente al "0" indicado como LMP en el DS. N° 031-2010-SA.

Determinación de:	Métodología Empleada
Coliformes totales	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222B. 21 th ed. 2005.
Coliformes termotolerantes	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222D. 21 th ed. 2005.
Conductividad	Eléctrico
Sólidos disueltos totales	Eléctrico
Turbiedad	Nefelométrico
pH	Potenciométrico
Temperatura	Calorimétrico
Cloro residual libre	Colorimétrico

Abreviaturas

DNPSC / CC: Demasiado numerosas para ser contadas, CON presencia de coliformes

DNPSC / SC: Demasiado numerosas para ser contadas, SIN presencia de coliformes

UFC: Unidad Formadora de Colonia

UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad

ND: No determinado



DIRECCION REGIONAL DE SALUD
DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD
BIO. Henry Osorio Domínguez Sánchez
LABORATORIO REFERENCIAL

Margarita Salvador Agurto
[Signature]
10-09-13

• **Resultados del Pozo 2**

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS MW/FQ-286-13

Solicitante : **SANEAMIENTO BASICO.**
Programa de Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano

Departamento	Provincia	Distrito	Localidad	Muestra tomada por:
Ucayali	Coronel Portillo	Campo verde	Nueva union	Isaac Hernández Flores

DATOS DE LA MUESTRA

Código	Propietario	Dirección	Muestra tomada de	Nº de muestra
MW/FQ 286-13	Adela Rengifo Vasquez	CFB.km.22.int. 5. Kms.	Pozo artesiano	03

Código	Toma de muestra	Recepción de laboratorio	Análisis
MW/FQ 286-13	04/09/2013 10:50 a.m.	04/09/2013 1:30 p.m.	04/09/2013 3:00 p.m.

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS Y FÍSICO QUÍMICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ					LMP (*)
		286-13					
Coliformes totales	UFC/100 mL	DNPSC					<1
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	DNPSC					<1
Conductividad	µ S / cm	150					1500
Sólidos disueltos totales	mg / L	80					1000
Turbiedad	UNT	6,24					5
pH	Valor de pH	8,91					6,5 – 8,5
Temperatura	°C	29,3					ND
Cloro residual libre	mg / L	0,0					0,3 - 0,5

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. Nº 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Anexo I y II

NOTA: En los análisis microbiológicos, un resultado "<1" es equivalente al "0" indicado como LMP en el DS. Nº 031-2010-SA.

Determinación de:	Métodología Empleada
Coliformes totales	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222B. 21 th ed. 2005.
Coliformes termotolerantes	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222D. 21 th ed. 2005.
Conductividad	Eléctrico
Sólidos disueltos totales	Eléctrico
Turbiedad	Nefelométrico
pH	Potenciométrico
Temperatura	Calorimétrico
Cloro residual libre	Colorimétrico

Abreviaturas

DNPSC / CC: Demasiado numerosas para ser contadas, CON presencia de coliformes
DNPSC / SC: Demasiado numerosas para ser contadas, SIN presencia de coliformes
UFC: Unidad Formadora de Colonia
UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad
ND: No determinado



[Handwritten signature]
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD
Presidencia Ejecutiva de Salud Ambiental
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL DE SALUD

• **Resultados del Pozo 3**

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS MW/FQ-287-13

Solicitante : **SANEAMIENTO BASICO.**
Programa de Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano

Departamento	Provincia	Distrito	Localidad	Muestra tomada por:
Ucayali	Coronel Portillo	Campo verde	Nueva union	Isaac Hernández Flores

DATOS DE LA MUESTRA

Código	Propietario	Dirección	Muestra tomada de	N° de muestra
MW/FQ 287-13	Elubi Matayama Rengifo.	CFB.km.22.int. 5. Kms.	Pozo artesiano	04

Código	Toma de muestra	Recepción de laboratorio	Análisis
MW/FQ 287-13	04/09/2013 11:05 a.m.	04/09/2013 1:30 p.m.	04/09/2013 3:00 p.m.

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS Y FÍSICO QUÍMICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ				LMP (*)
		287-13				
Coliformes totales	UFC/100 mL	DNPSC				<1
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	DNPSC				<1
Conductividad	μ S / cm	181				1500
Sólidos disueltos totales	mg / L	91				1000
Turbiedad	UNT	15.79				5
pH	Valor de pH	5.0				6,5 – 8,5
Temperatura	°C	30,3				ND
Cloro residual libre	mg / L	0.0				0,3 - 0,5

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Anexo I y II
NOTA: En los análisis microbiológicos, un resultado "<1" es equivalente al "0" indicado como LMP en el DS. N° 031-2010-SA.

Determinación de:	Métodología Empleada
Coliformes totales	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222B. 21 th ed. 2005.
Coliformes termotolerantes	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222D. 21 th ed. 2005.
Conductividad	Eléctrico
Sólidos disueltos totales	Eléctrico
Turbiedad	Nefelométrico
pH	Potenciométrico
Temperatura	Calorimétrico
Cloro residual libre	Colorimétrico

Abreviaturas
DNPSC / CC: Demasiado numerosas para ser contadas, CON presencia de coliformes
DNPSC / SC: Demasiado numerosas para ser contadas, SIN presencia de coliformes
UFC: Unidad Formadora de Colonia
UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad
ND: No determinado



[Handwritten Signature]
DIRECCION REGIONAL DE SALUD
Distrito Especial de Salud Ambiental
Bº Bº LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL
Bº Bº LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

• **Resultados del Pozo 4**

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS MW/FQ-288-13

Solicitante : SANEAMIENTO BASICO.
Programa de Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano

Departamento	Provincia	Distrito	Localidad	Muestra tomada por:
Ucayali	Coronel Portillo	Campo verde	Nueva union	Isaac Hernández Flores

DATOS DE LA MUESTRA

Código	Propietario	Dirección	Muestra tomada de	N° de muestra
MW/FQ 288-13	Dalia Canayo Guerra.	CFB.km.22.int. 5. Kms.	Pozo artesiano	05

Código	Toma de muestra	Recepción de laboratorio	Análisis
MW/FQ 288-13	04/09/2013 11:13 a.m.	04/09/2013 1:30 p.m.	04/09/2013 3:00 p.m.

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS Y FÍSICO QUÍMICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ				LMP (*)
		288-13				
Coliformes totales	UFC/100 mL	DNPSC				<1
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	1,200				<1
Conductividad	µ S / cm	260				1500
Sólidos disueltos totales	mg / L	142				1000
Turbiedad	UNT	15.53				5
pH	Valor de pH	4.77				6,5 – 8,5
Temperatura	°C	29,6				ND
Cloro residual libre	mg / L	0,0				0,3 - 0,5

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Anexo I y II
NOTA: En los análisis microbiológicos, un resultado "<1" es equivalente al "0" indicado como LMP en el DS. N° 031-2010-SA.

Determinación de:	Métodología Empleada
Coliformes totales	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222B. 21 th ed. 2005.
Coliformes termotolerantes	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222D. 21 th ed. 2005.
Conductividad	Eléctrico
Sólidos disueltos totales	Eléctrico
Turbiedad	Nefelométrico
pH	Potenciométrico
Temperatura	Calorimétrico
Cloro residual libre	Colorimétrico

Abreviaturas

DNPSC / CC: Demasiado numerosas para ser contadas, CON presencia de coliformes
DNPSC / SC: Demasiado numerosas para ser contadas, SIN presencia de coliformes
UFC: Unidad Formadora de Colonia
UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad
ND: No determinado



[Handwritten Signature]
DIRECCION REGIONAL DE SALUD
Dirección Ejecutiva de Asesoría y Apoyo
Dr. Ricardo Esteban Doménech Sánchez
COORDINADOR AMBIENTAL

• **Resultados del Pozo 5**

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS MW/FQ-289-13

Solicitante : **SANEAMIENTO BASICO.**
Programa de Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano

Departamento	Provincia	Distrito	Localidad	Muestra tomada por:
Ucayali	Coronel Portillo	Campo verde	Caserio la Victoria.	Isaac Hernández Flores

DATOS DE LA MUESTRA

Código	Propietario	Dirección	Muestra tomada de	Nº de muestra
MW/FQ 289-13	Olivia Cachique Inuma.	CFB.km.22.int. 5. Kms.	Pozo artesiano	06

Código	Toma de muestra	Recepción de laboratorio	Análisis
MW/FQ 289-13	04/09/2013 11:24 a.m.	04/09/2013 1:30 p.m.	04/09/2013 3:00 p.m.

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS Y FÍSICO QUÍMICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ				LMP (*)
		289-13				
Coliformes totales	UFC/100 mL	DNPSC				<1
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	1,200				<1
Conductividad	µ S / cm	075				1500
Sólidos disueltos totales	mg / L	040				1000
Turbiedad	UNT	14.28				5
pH	Valor de pH	4.91				6,5 – 8,5
Temperatura	°C	25,7				ND
Cloro residual libre	mg / L	0.0				0,3 - 0,5

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. Nº 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Anexo I y II
NOTA: En los análisis microbiológicos, un resultado "<1" es equivalente al "0" indicado como LMP en el DS. Nº 031-2010-SA.

Determinación de:	Métodología Empleada
Coliformes totales	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222B. 21 th ed. 2005.
Coliformes termotolerantes	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222D. 21 th ed. 2005.
Conductividad	Eléctrico
Sólidos disueltos totales	Eléctrico
Turbiedad	Nefelométrico
pH	Potenciométrico
Temperatura	Calorimétrico
Cloro residual libre	Colorimétrico

Abreviaturas

DNPSC / CC: Demasiado numerosas para ser contadas, CON presencia de coliformes
DNPSC / SC: Demasiado numerosas para ser contadas, SIN presencia de coliformes
UFC: Unidad Formadora de Colonia
UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad
ND: No determinado



• **Resultados del Pozo 6**

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS MW/FQ-290-13

Solicitante : **SANEAMIENTO BASICO.**
Programa de Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano

Departamento	Provincia	Distrito	Localidad	Muestra tomada por:
Ucayali	Coronel Portillo	Campo verde	Caserío la Victoria.	Isaac Hernández Flores

DATOS DE LA MUESTRA

Código	Propietario	Dirección	Muestra tomada de	Nº de muestra
MW/FQ 290-13	Hitler Paredes.	CFB.km.22.int. 5. Kms.	Pozo artesiano	07

Código	Toma de muestra		Recepción de laboratorio		Análisis	
MW/FQ 290-13	04/09/2013	11:35 a.m.	04/09/2013	1:30 p.m.	04/09/2013	3:00 p.m.

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS Y FÍSICO QUÍMICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ					LMP (*)
		290-13					
Coliformes totales	UFC/100 mL	2,000					<1
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	1,200					<1
Conductividad	µ S / cm	072					1500
Sólidos disueltos totales	mg / L	038					1000
Turbiedad	UNT	7.75					5
pH	Valor de pH	9.87					6,5 – 8,5
Temperatura	°C	28,2					ND
Cloro residual libre	mg / L	0.0					0,3 - 0,5

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. Nº 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Anexo I y II

NOTA: En los análisis microbiológicos, un resultado "<1" es equivalente al "0" indicado como LMP en el DS. Nº 031-2010-SA.

Determinación de:	Metodología Empleada
Coliformes totales	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222B. 21 th ed. 2005.
Coliformes termotolerantes	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222D. 21 th ed. 2005.
Conductividad	Eléctrico
Sólidos disueltos totales	Eléctrico
Turbiedad	Nefelométrico
pH	Potenciométrico
Temperatura	Calorimétrico
Cloro residual libre	Colorimétrico

Abreviaturas

DNPSC / CC: Demasiado numerosas para ser contadas, CON presencia de coliformes

DNPSC / SC: Demasiado numerosas para ser contadas, SIN presencia de coliformes

UFC: Unidad Formadora de Colonia

UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad

ND: No determinado



DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD
Subdirección de Salud Ambiental
[Signature]
Dr. Carlos Daniel Domínguez Sánchez
COORDINADOR DE SALUD AMBIENTAL

• **Resultados del Pozo 7**

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS MW/FQ-291-13

Solicitante : **SANEAMIENTO BASICO.**
Programa de Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano

Departamento	Provincia	Distrito	Localidad	Muestra tomada por:
Ucayali	Coronel Portillo	Campo verde	Caserio Nueva Union.	Isaac Hernández Flores

DATOS DE LA MUESTRA

Código	Propietario	Dirección	Muestra tomada de	N° de muestra
MW/FQ 291-13	Elsa Lopez Rengifo.	CFB.km.22.int. 5. Kms.	Pozo artesiano	08

Código	Toma de muestra	Recepción de laboratorio	Análisis
MW/FQ 291-13	04/09/2013 11:45 a.m.	04/09/2013 1:30 p.m.	04/09/2013 3:00 p.m.

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS Y FÍSICO QUÍMICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ				LMP (*)
		291-13				
Coliformes totales	UFC/100 mL	500				<1
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	200				<1
Conductividad	µ S / cm	059				1500
Sólidos disueltos totales	mg / L	026				1000
Turbiedad	UNT	24,4				5
pH	Valor de pH	5,23				6,5 – 8,5
Temperatura	°C	28,2				ND
Cloro residual libre	mg / L	0,0				0,3 - 0,5

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Anexo I y II

NOTA: En los análisis microbiológicos, un resultado "<1" es equivalente al "0" indicado como LMP en el DS. N° 031-2010-SA.

Determinación de:	Métodología Empleada
Coliformes totales	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222B. 21 th ed. 2005.
Coliformes termotolerantes	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222D. 21 th ed. 2005.
Conductividad	Eléctrico
Sólidos disueltos totales	Eléctrico
Turbiedad	Nefelométrico
pH	Potenciométrico
Temperatura	Calorimétrico
Cloro residual libre	Colorimétrico

Abreviaturas

DNPSC / CC: Demasiado numerosas para ser contadas, CON presencia de coliformes

DNPSC / SC: Demasiado numerosas para ser contadas, SIN presencia de coliformes

UFC: Unidad Formadora de Colonia

UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad

ND: No determinado



DIRECCION REGIONAL DE SALUD
Dpto. Ucayali
Rafael Ángel Castañeda Domínguez
LABORATORIO AMBIENTAL

• **Resultados del Pozo 9**



MINISTERIO DE SALUD
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD DE UCAYALI
Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental



LABORATORIO AMBIENTAL
Av. yarina 360, 2° piso – Yarinaochoa – Coronel Portillo -
Ucayali
Telefax (061) 596275

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS MW/FQ-443-13

Solicitante : **UNIDAD DE SANEAMIENTO BÁSICO**
Programa de Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano

Departamento	Provincia	Distrito	Localidad	Muestras tomada por:
Ucayali	C.Portillo	Campo Verde	Campo Verde	Isaac hernandez flores

DATOS DE LA MUESTRA

Código	Propietario	Dirección	Muestra tomada de
MW/FQ 443-13	Municipalidad de Coronel Portillo	Botadero	Grifo

Código	Toma de muestra	Recepción del laboratorio	Análisis	REPORTE
MW/FQ 443-13	10-12-13 09:26am	10-12-13 11:28 am	10-12-13 12:15pm	18-12-13 11:15am

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS Y FISCOQUÍMICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ 443-13	LMP (*)
Coliformes Totales	UFC / 100 mL	<1	<1
Coliformes Termotolerantes	UFC / 100 mL	<1	<1
Conductividad	m S / cm	414	1500
Sólidos Disueltos Totales	mg / L	289.8	1000
Turbiedad	UNT	1.19	5
pH	Valor de pH	6.92	6.5 – 8.5
Temperatura	°C	27.7	ND
Cloro Residual Libre	mg / L	0.0	0.3 - 0.5

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Art. 66. Anexos I y II.

Nota: En los análisis microbiológicos, un resultado "<1" es equivalente al "0" indicado como LMP en el DS. N° 031-2010-SA.

Parámetros Analizados	Métodología Empleada
Coliformes totales	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222B. 21 th ed. 2005.
Coliformes termotolerantes	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222D. 21 th ed. 2005.
Conductividad	Eléctrico
Sólidos disueltos totales	Eléctrico
Turbiedad	Nefelométrico
pH	Potenciométrico
Temperatura	Calorimétrico
Cloro residual libre	Colorimétrico

Abreviaturas

DNPSC / CC: Demasiado numerosas para ser contadas, CON presencia de coliformes
DNPSC / SC: Demasiado numerosas para ser contadas, SIN presencia de coliformes
UFC: Unidad Formadora de Colonia
UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad
ND: No determinado



Los resultados del presente Informe corresponden sólo a las muestras ensayadas.
Este informe sólo puede ser reproducido en su totalidad, salvo autorización escrita del Laboratorio Ambiental DESA Ucayali

• **Resultados del Pozo 10**

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS MW/FQ-293-13

Solicitante : **SANEAMIENTO BASICO.**
Programa de Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano

Departamento	Provincia	Distrito	Localidad	Muestra tomada por:
Ucayali	Coronel Portillo	Campo verde	Caserío la Victoria.	Isaac Hernández Flores

DATOS DE LA MUESTRA

Código	Propietario	Dirección	Muestra tomada de	Nº de muestra
MW/FQ 293-13	Lita Carmina Chino Salas.	CFB.km.22.int. 5. Kms.	Pozo artesiano	10

Código	Toma de muestra	Recepción de laboratorio	Análisis
MW/FQ 293-13	04/09/2013 12:05 p.m.	04/09/2013 1:30 p.m.	04/09/2013 3:00 p.m.

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS Y FÍSICO QUÍMICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ				LMP (*)
		293-13				
Coliformes totales	UFC/100 mL	<1				<1
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	<1				<1
Conductividad	µ S / cm	195				1500
Sólidos disueltos totales	mg / L	120				1000
Turbiedad	UNT	0.55				5
pH	Valor de pH	4.71				6,5 – 8,5
Temperatura	°C	30,4				ND
Cloro residual libre	mg / L	0.0				0,3 - 0,5

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. Nº 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Anexo I y II
NOTA: En los análisis microbiológicos, un resultado "<1" es equivalente al "0" indicado como LMP en el DS. Nº 031-2010-SA.

Determinación de:	Métodología Empleada
Coliformes totales	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222B. 21 th ed. 2005.
Coliformes termotolerantes	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222D. 21 th ed. 2005.
Conductividad	Eléctrico
Sólidos disueltos totales	Eléctrico
Turbiedad	Nefelométrico
pH	Potenciométrico
Temperatura	Calorimétrico
Cloro residual libre	Colorimétrico

Abreviaturas

DNPSC / CC: Demasiado numerosas para ser contadas, CON presencia de coliformes
DNPSC / SC: Demasiado numerosas para ser contadas, SIN presencia de coliformes
UFC: Unidad Formadora de Colonia
UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad
ND: No determinado



[Handwritten signature]
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD
Dirección de Epidemiología y Salud Ambiental
BIOLOGÍA Y LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICOS
LABORATORIO AMBIENTAL

ANEXO N° 8. RESULTADOS DEL INFORME DE ENSAYO N°1311190 DEL LABORATORIO ENVIRONMENTAL LABORATORIES PERU SAC



ENVIROLAB PERU S.A.C.

Environmental Laboratories Perú S.A.C.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
SERVICIO NACIONAL DE ACREDITACIÓN
CON REGISTRO N° LE-011

INFORME DE ENSAYO N° 1311190



Solicitante: MARGARITA JESÚS SALVADOR AGURTO

Domicilio Legal: AA.HH. Santa Petrolina Mz. C Lt. 21
Pucallpa

Tipo de Muestra: Agua Subterránea

Plan de Muestreo: Muestras proporcionadas por el Cliente

Solicitud de Análisis: NOV-190

Procedencia de la Muestra: Botadero Km. 22 (Campo Verde - Ucayali)

Fecha de Ingreso: 2013-11-11

Código ENVIROLAB-PERU: 1311190


Referencia: Cotización N° 17097

Análisis :			Aluminio Total	Método de Referencia:	EPA 200.7	
Código de laboratorio	Descripción de muestra	Fecha de Muestreo	Límite de Cuantificación	Resultado	Unidad	Fecha de Análisis
1311190-01	Pozo 1	2013-11-08	0.002	0.750	mg/L	2013-11-12
1311190-02	Pozo 2	2013-11-08	0.002	1.321	mg/L	2013-11-12
1311190-03	Pozo 3	2013-11-08	0.002	1.893	mg/L	2013-11-12
1311190-04	Pozo 4	2013-11-08	0.002	0.817	mg/L	2013-11-12
1311190-05	Pozo 5	2013-11-08	0.002	1.149	mg/L	2013-11-12
1311190-06	Pozo 6	2013-11-08	0.002	0.762	mg/L	2013-11-12
1311190-07	Pozo 7	2013-11-08	0.002	0.571	mg/L	2013-11-12
1311190-08	Pozo 8	2013-11-08	0.002	0.952	mg/L	2013-11-12
1311190-09	Pozo 9	2013-11-08	0.002	0.010	mg/L	2013-11-12
1311190-10	Pozo 10	2013-11-08	0.002	1.382	mg/L	2013-11-12

"N.D." Significa No Detectable al nivel de cuantificación indicado.
Condición y Estado de la Muestra Ensayada:

Las muestras llegaron preservadas al Laboratorio.
Nota: La fecha de muestreo es dato proporcionado por el Cliente.

Aluminio Total: EPA 200.7 Revisión 4.4, May1994
Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by
Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry


MELINA GRANADOS CHUCO
C.I.P. N° 101700
Lima, Perú,
2013-11-21




ENRIQUE QUEVEDO BACIGALUPO
Jefe de Laboratorio

Nota: -Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
-Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.
-Dependiendo del parámetro a ser analizado las muestras tendrán un tiempo de custodia máximo de 7 días calendario después de entregado el Informe de Ensayo.

Page 1 / 8

Av. La Marina 3059 San Miguel - Lima 32 PERU
Telf: (511) 616-5400 Fax: (511) 616-5418 E-mail: envirolab@envirolabperu.com.pe Web: www.envirolabperu.com.pe



ENVIROLAB PERU S.A.C.

Environmental Laboratories Perú S.A.C.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
SERVICIO NACIONAL DE ACREDITACIÓN
CON REGISTRO N° LE-011



INFORME DE ENSAYO N° 1311190

Solicitante: MARGARITA JESÚS SALVADOR AGURTO
Domicilio Legal: AA.HH. Santa Petrolina Mz. C Lt. 21
Pucallpa
Tipo de Muestra: Agua Subterránea
Plan de Muestreo: Muestras proporcionadas por el Cliente
Solicitud de Análisis: NOV-190
Procedencia de la Muestra: Botadero Km. 22 (Campo Verde - Ucayali)
Fecha de Ingreso: 2013-11-11
Código ENVIROLAB-PERU: 1311190
Referencia: Cotización N° 17097

Análisis :		Arsénico Total		Método de Referencia:		EPA 200.7
Código de laboratorio	Descripción de muestra	Fecha de Muestreo	Límite de Cuantificación	Resultado	Unidad	Fecha de Análisis
1311190-01	Pozo 1	2013-11-08	0.002	N.D.	mg/L	2013-11-12
1311190-02	Pozo 2	2013-11-08	0.002	N.D.	mg/L	2013-11-12
1311190-03	Pozo 3	2013-11-08	0.002	N.D.	mg/L	2013-11-12
1311190-04	Pozo 4	2013-11-08	0.002	N.D.	mg/L	2013-11-12
1311190-05	Pozo 5	2013-11-08	0.002	N.D.	mg/L	2013-11-12
1311190-06	Pozo 6	2013-11-08	0.002	N.D.	mg/L	2013-11-12
1311190-07	Pozo 7	2013-11-08	0.002	N.D.	mg/L	2013-11-12
1311190-08	Pozo 8	2013-11-08	0.002	N.D.	mg/L	2013-11-12
1311190-09	Pozo 9	2013-11-08	0.002	N.D.	mg/L	2013-11-12
1311190-10	Pozo 10	2013-11-08	0.002	N.D.	mg/L	2013-11-12

"N.D." Significa No Detectable al nivel de cuantificación indicado.
Condición y Estado de la Muestra Ensayada:

Las muestras llegaron preservadas al Laboratorio.

Nota: La fecha de muestreo es dato proporcionado por el Cliente.

Arsénico Total: EPA 200.7 Revisión 4.4, May1994

Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by
Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

MELINA GRANADOS CHUCO
C.I.P. N° 101700

Lima, Perú, 2013-11-21

Nota: -Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

-Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.

-Dependiendo del parámetro a ser analizado las muestras tendrán un tiempo de custodia máximo de 7 días calendario después de entregado el Informe de Ensayo.

ENRIQUE QUEVEDO BACIGALUPO
Jefe de Laboratorio

Page 2 / 8

Av. La Marina 3059 San Miguel - Lima 32 PERU

Tel: (511) 616-5400 Fax: (511) 616-5418 E-mail: envirolab@envirolabperu.com.pe Web: www.envirolabperu.com.pe



ENVIROLAB PERU S.A.C.

Environmental Laboratories Perú S.A.C.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
SERVICIO NACIONAL DE ACREDITACIÓN
CON REGISTRO N° LE-011



INFORME DE ENSAYO N° 1311190

Solicitante: MARGARITA JESÚS SALVADOR AGURTO
Domicilio Legal: AA.HH. Santa Petrolina Mz. C Lt. 21
Pucallpa
Tipo de Muestra: Agua Subterránea
Plan de Muestreo: Muestras proporcionadas por el Cliente
Solicitud de Análisis: NOV-190
Procedencia de la Muestra: Botadero Km. 22 (Campo Verde - Ucayali)
Fecha de Ingreso: 2013-11-11
Código ENVIROLAB-PERU: 1311190
Referencia: Cotización N° 17097

Análisis :		Cadmio Total		Método de Referencia:		EPA 200.7	
Código de laboratorio	Descripción de muestra	Fecha de Muestreo	Límite de Cuantificación	Resultado	Unidad	Fecha de Análisis	
1311190-01	Pozo 1	2013-11-08	0.001	N.D.	mg/L	2013-11-12	
1311190-02	Pozo 2	2013-11-08	0.001	N.D.	mg/L	2013-11-12	
1311190-03	Pozo 3	2013-11-08	0.001	N.D.	mg/L	2013-11-12	
1311190-04	Pozo 4	2013-11-08	0.001	N.D.	mg/L	2013-11-12	
1311190-05	Pozo 5	2013-11-08	0.001	N.D.	mg/L	2013-11-12	
1311190-06	Pozo 6	2013-11-08	0.001	N.D.	mg/L	2013-11-12	
1311190-07	Pozo 7	2013-11-08	0.001	N.D.	mg/L	2013-11-12	
1311190-08	Pozo 8	2013-11-08	0.001	N.D.	mg/L	2013-11-12	
1311190-09	Pozo 9	2013-11-08	0.001	N.D.	mg/L	2013-11-12	
1311190-10	Pozo 10	2013-11-08	0.001	N.D.	mg/L	2013-11-12	

"N.D." Significa No Detectable al nivel de cuantificación indicado.
Condición y Estado de la Muestra Ensayada:

Las muestras llegaron preservadas al Laboratorio.

Nota: La fecha de muestreo es dato proporcionado por el Cliente.

Cadmio Total: EPA 200.7 Revisión 4.4, May1994


Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by
Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry


MELINA GRANADOS CHURCO
C.I.P. N° 101700

Lima, Perú, 2013-11-21
Nota: -Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

-Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.

-Dependiendo del parámetro a ser analizado las muestras tendrán un tiempo de custodia máximo de 7 días calendario después de entregado el Informe de Ensayo.


ENRIQUE QUEVEDO BACIGALUPO
Jefe de Laboratorio

Page 3 / 8

Av. La Marina 3059 San Miguel - Lima 32 PERU

Tel: (511) 616-5400 Fax: (511) 616-5418 E-mail: envirolab@envirolabperu.com.pe Web: www.envirolabperu.com.pe



ENVIROLAB PERU S.A.C.

Environmental Laboratories Perú S.A.C.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
SERVICIO NACIONAL DE ACREDITACIÓN
CON REGISTRO N° LE-011



INFORME DE ENSAYO N° 1311190

Solicitante: MARGARITA JESÚS SALVADOR AGURTO
Domicilio Legal: AA.HH. Santa Petrolina Mz. C Lt. 21
Pucallpa
Tipo de Muestra: Agua Subterránea
Plan de Muestreo: Muestras proporcionadas por el Cliente
Solicitud de Análisis: NOV-190
Procedencia de la Muestra: Botadero Km. 22 (Campo Verde - Ucayali)
Fecha de Ingreso: 2013-11-11
Código ENVIROLAB-PERU: 1311190
Referencia: Cotización N° 17097

Análisis :			Cobre Total	Método de Referencia:		EPA 200.7
Código de laboratorio	Descripción de muestra	Fecha de Muestreo	Límite de Cuantificación	Resultado	Unidad	Fecha de Análisis
1311190-01	Pozo 1	2013-11-08	0.002	0.004	mg/L	2013-11-12
1311190-02	Pozo 2	2013-11-08	0.002	0.003	mg/L	2013-11-12
1311190-03	Pozo 3	2013-11-08	0.002	0.008	mg/L	2013-11-12
1311190-04	Pozo 4	2013-11-08	0.002	0.003	mg/L	2013-11-12
1311190-05	Pozo 5	2013-11-08	0.002	0.002	mg/L	2013-11-12
1311190-06	Pozo 6	2013-11-08	0.002	N.D.	mg/L	2013-11-12
1311190-07	Pozo 7	2013-11-08	0.002	0.002	mg/L	2013-11-12
1311190-08	Pozo 8	2013-11-08	0.002	0.003	mg/L	2013-11-12
1311190-09	Pozo 9	2013-11-08	0.002	N.D.	mg/L	2013-11-12
1311190-10	Pozo 10	2013-11-08	0.002	0.004	mg/L	2013-11-12

"N.D." Significa No Detectable al nivel de cuantificación indicado.
Condición y Estado de la Muestra Ensayada:

Las muestras llegaron preservadas al Laboratorio.

Nota: La fecha de muestreo es dato proporcionado por el Cliente.

Cobre Total: EPA 200.7 Revisión 4.4, May1994

Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by
Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry


MELINA GRANADOS CHUCO
C.I.P. N° 101700
Lima, Perú,




ENRIQUE QUEVEDO BACIGALUPO
Jefe de Laboratorio

Lima, Perú, 2013-11-21

Nota: -Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

-Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.

-Dependiendo del parámetro a ser analizado las muestras tendrán un tiempo de custodia máximo de 7 días calendario después de entregado el Informe de Ensayo.

Page 4 / 8

Av. La Marina 3059 San Miguel - Lima 32 PERU

Tel: (511) 616-5400 Fax: (511) 616-5418 E-mail: envirolab@envirolabperu.com.pe Web: www.envirolabperu.com.pe



ENVIROLAB PERU S.A.C.

Environmental Laboratories Perú S.A.C.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
SERVICIO NACIONAL DE ACREDITACIÓN
CON REGISTRO N° LE-011

INFORME DE ENSAYO N° 1311190



Solicitante: MARGARITA JESÚS SALVADOR AGURTO
Domicilio Legal: AA.HH. Santa Petrolina Mz. C Lt. 21
Pucallpa
Tipo de Muestra: Agua Subterránea
Plan de Muestreo: Muestras proporcionadas por el Cliente
Solicitud de Análisis: NOV-190
Procedencia de la Muestra: Botadero Km. 22 (Campo Verde - Ucayali)
Fecha de Ingreso: 2013-11-11
Código ENVIROLAB-PERU: 1311190
Referencia: Cotización N° 17097

Análisis :			Cromo Total	Método de Referencia:		EPA 200.7
Código de laboratorio	Descripción de muestra	Fecha de Muestreo	Límite de Cuantificación	Resultado	Unidad	Fecha de Análisis
1311190-01	Pozo 1	2013-11-08	0.001	N.D.	mg/L	2013-11-12
1311190-02	Pozo 2	2013-11-08	0.001	N.D.	mg/L	2013-11-12
1311190-03	Pozo 3	2013-11-08	0.001	0.001	mg/L	2013-11-12
1311190-04	Pozo 4	2013-11-08	0.001	N.D.	mg/L	2013-11-12
1311190-05	Pozo 5	2013-11-08	0.001	N.D.	mg/L	2013-11-12
1311190-06	Pozo 6	2013-11-08	0.001	N.D.	mg/L	2013-11-12
1311190-07	Pozo 7	2013-11-08	0.001	N.D.	mg/L	2013-11-12
1311190-08	Pozo 8	2013-11-08	0.001	N.D.	mg/L	2013-11-12
1311190-09	Pozo 9	2013-11-08	0.001	N.D.	mg/L	2013-11-12
1311190-10	Pozo 10	2013-11-08	0.001	N.D.	mg/L	2013-11-12

"N.D." Significa No Detectable al nivel de cuantificación indicado.
Condición y Estado de la Muestra Ensayada:

Las muestras llegaron preservadas al Laboratorio.

Nota: La fecha de muestreo es dato proporcionado por el Cliente.

Cromo Total: EPA 200.7 Revisión 4.4, May1994
Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by
Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry


MELINA GRANADOS CHUCO
C.I.P. N° 101700
Lima, Perú, 2013-11-21




ENRIQUE QUEVEDO BACIGALUPO
Jefe de Laboratorio

Nota:
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.
- Dependiendo del parámetro a ser analizado las muestras tendrán un tiempo de custodia máximo de 7 días calendario después de entregado el Informe de Ensayo.

Page 5 / 8

Av. La Marina 3059 San Miguel - Lima 32 PERU
Telf: (511) 616-5400 Fax: (511) 616-5418 E-mail: envirolab@envirolabperu.com.pe Web: www.envirolabperu.com.pe



ENVIROLAB PERU S.A.C.

Environmental Laboratories Perú S.A.C.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
SERVICIO NACIONAL DE ACREDITACIÓN
CON REGISTRO N° LE-011

INFORME DE ENSAYO N° 1311190



Solicitante: MARGARITA JESÚS SALVADOR AGURTO
Domicilio Legal: AA.HH. Santa Petrolina Mz. C Lt. 21
Pucallpa
Tipo de Muestra: Agua Subterránea
Plan de Muestreo: Muestras proporcionadas por el Cliente
Solicitud de Análisis: NOV-190
Procedencia de la Muestra: Botadero Km. 22 (Campo Verde - Ucayali)
Fecha de Ingreso: 2013-11-11
Código ENVIROLAB-PERU: 1311190
Referencia: Cotización N° 17097

Análisis :		Plomo Total		Método de Referencia:		EPA 200.7
Código de laboratorio	Descripción de muestra	Fecha de Muestreo	Límite de Cuantificación	Resultado	Unidad	Fecha de Análisis
1311190-01	Pozo 1	2013-11-08	0.001	0.005	mg/L	2013-11-12
1311190-02	Pozo 2	2013-11-08	0.001	N.D.	mg/L	2013-11-12
1311190-03	Pozo 3	2013-11-08	0.001	0.008	mg/L	2013-11-12
1311190-04	Pozo 4	2013-11-08	0.001	N.D.	mg/L	2013-11-12
1311190-05	Pozo 5	2013-11-08	0.001	N.D.	mg/L	2013-11-12
1311190-06	Pozo 6	2013-11-08	0.001	N.D.	mg/L	2013-11-12
1311190-07	Pozo 7	2013-11-08	0.001	N.D.	mg/L	2013-11-12
1311190-08	Pozo 8	2013-11-08	0.001	0.006	mg/L	2013-11-12
1311190-09	Pozo 9	2013-11-08	0.001	N.D.	mg/L	2013-11-12
1311190-10	Pozo 10	2013-11-08	0.001	0.007	mg/L	2013-11-12

"N.D." Significa No Detectable al nivel de cuantificación indicado.
Condición y Estado de la Muestra Ensayada:

Las muestras llegaron preservadas al Laboratorio.

Nota: La fecha de muestreo es dato proporcionado por el Cliente.

Plomo Total: EPA 200.7 Revisión 4.4, May1994

Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by
Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry


MELINA GRANADOS CHUCO
C.I.P. N° 101700
Lima, Perú, 2013-11-21




ENRIQUE QUEVEDO BACIGALUPO
Jefe de Laboratorio

Nota: -Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
-Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.
-Dependiendo del parámetro a ser analizado las muestras tendrán un tiempo de custodia máximo de 7 días calendario después de entregado el Informe de Ensayo.

Page 6 / 8

Av. La Marina 3059 San Miguel - Lima 32 PERU
Telf: (511) 616-5400 Fax: (511) 616-5418 E-mail: envirolab@envirolabperu.com.pe Web: www.envirolabperu.com.pe



ENVIROLAB PERU S.A.C.

Environmental Laboratories Perú S.A.C.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
SERVICIO NACIONAL DE ACREDITACIÓN
CON REGISTRO N° LE-011



INFORME DE ENSAYO N° 1311190

Solicitante: MARGARITA JESÚS SALVADOR AGURTO
Domicilio Legal: AA.HH. Santa Petrolina Mz. C Lt. 21
Pucallpa
Tipo de Muestra: Agua Subterránea
Plan de Muestreo: Muestras proporcionadas por el Cliente
Solicitud de Análisis: NOV-190
Procedencia de la Muestra: Botadero Km. 22 (Campo Verde - Ucayali)
Fecha de Ingreso: 2013-11-11
Código ENVIROLAB-PERU: 1311190
Referencia: Cotización N° 17097


Análisis :		Zinc Total		Método de Referencia:		EPA 200.7	
Código de laboratorio	Descripción de muestra	Fecha de Muestreo	Límite de Cuantificación	Resultado	Unidad	Fecha de Análisis	
1311190-01	Pozo 1	2013-11-08	0.002	0.020	mg/L	2013-11-12	
1311190-02	Pozo 2	2013-11-08	0.002	0.014	mg/L	2013-11-12	
1311190-03	Pozo 3	2013-11-08	0.002	0.038	mg/L	2013-11-12	
1311190-04	Pozo 4	2013-11-08	0.002	0.058	mg/L	2013-11-12	
1311190-05	Pozo 5	2013-11-08	0.002	0.027	mg/L	2013-11-12	
1311190-06	Pozo 6	2013-11-08	0.002	0.014	mg/L	2013-11-12	
1311190-07	Pozo 7	2013-11-08	0.002	0.016	mg/L	2013-11-12	
1311190-08	Pozo 8	2013-11-08	0.002	0.045	mg/L	2013-11-12	
1311190-09	Pozo 9	2013-11-08	0.002	0.013	mg/L	2013-11-12	
1311190-10	Pozo 10	2013-11-08	0.002	0.094	mg/L	2013-11-12	

"N.D." Significa No Detectable al nivel de cuantificación indicado.
Condición y Estado de la Muestra Ensayada:

Las muestras llegaron preservadas al Laboratorio.

Nota: La fecha de muestreo es dato proporcionado por el Cliente.

Zinc Total: EPA 200.7 Revisión 4.4, May1994
Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by
Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry


MELINA GRANADOS CHUCO
C.I.P. N° 101700
Lima, Perú,
2013-11-21




ENRIQUE QUEVEDO BACIGALUPO
Jefe de Laboratorio

Nota: -Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

-Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.

-Dependiendo del parámetro a ser analizado las muestras tendrán un tiempo de custodia máximo de 7 días calendario después de entregado el Informe de Ensayo.

Page 7 / 8

Av. La Marina 3059 San Miguel - Lima 32 PERU
Telf: (511) 616-5400 Fax: (511) 616-5418 E-mail: envirolab@envirolabperu.com.pe Web: www.envirolabperu.com.pe



ENVIROLAB PERU S.A.C.

Environmental Laboratories Perú S.A.C.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
SERVICIO NACIONAL DE ACREDITACIÓN
CON REGISTRO N° LE-011



INFORME DE ENSAYO N° 1311190

Solicitante: MARGARITA JESÚS SALVADOR AGURTO
Domicilio Legal: AA.HH. Santa Petrolina Mz. C Lt. 21
Pucallpa
Tipo de Muestra: Agua Subterránea
Plan de Muestreo: Muestras proporcionadas por el Cliente
Solicitud de Análisis: NOV-190
Procedencia de la Muestra: Botadero Km. 22 (Campo Verde - Ucayali)
Fecha de Ingreso: 2013-11-11
Código ENVIROLAB-PERU: 1311190
Referencia: Cotización N° 17097


Análisis :		Mercurio Total		Método de Referencia:		EPA 245.7	
Código de laboratorio	Descripción de muestra	Fecha de Muestreo	Límite de Cuantificación	Resultado	Unidad	Fecha de Análisis	
1311190-01	Pozo 1	2013-11-08	0.0001	N.D.	mg/L	2013-11-14	
1311190-02	Pozo 2	2013-11-08	0.0001	N.D.	mg/L	2013-11-14	
1311190-03	Pozo 3	2013-11-08	0.0001	N.D.	mg/L	2013-11-14	
1311190-04	Pozo 4	2013-11-08	0.0001	N.D.	mg/L	2013-11-14	
1311190-05	Pozo 5	2013-11-08	0.0001	N.D.	mg/L	2013-11-14	
1311190-06	Pozo 6	2013-11-08	0.0001	N.D.	mg/L	2013-11-14	
1311190-07	Pozo 7	2013-11-08	0.0001	N.D.	mg/L	2013-11-14	
1311190-08	Pozo 8	2013-11-08	0.0001	N.D.	mg/L	2013-11-14	
1311190-09	Pozo 9	2013-11-08	0.0001	N.D.	mg/L	2013-11-14	
1311190-10	Pozo 10	2013-11-08	0.0001	N.D.	mg/L	2013-11-14	

"N.D." Significa No Detectable al nivel de cuantificación indicado.
Condición y Estado de la Muestra Ensayada:

Las muestras llegaron preservadas al Laboratorio.

Nota: La fecha de muestreo es dato proporcionado por el Cliente.

Mercurio Total: EPA METHOD 245.7 (Validado) Revisión: Febrero 2005
Determinación de Mercurio en agua por Espectrometría de Fluorescencia
Atómica por Vapor frío


MELINA GRANADOS CHUCO
C.I.P. N° 101700
Lima, Perú, 2013-11-21




ENRIQUE QUEVEDO BACIGALUPO
Jefe de Laboratorio

Nota: -Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
-Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.
-Dependiendo del parámetro a ser analizado las muestras tendrán un tiempo de custodia máximo de 7 días calendario después de entregado el Informe de Ensayo.

Page 8 / 8

Av. La Marina 3059 San Miguel - Lima 32 PERU
Telf: (511) 616-5400 Fax: (511) 616-5418 E-mail: envirolab@envirolabperu.com.pe Web: www.envirolabperu.com.pe