UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL
27/09/17
OFICINA EJECUTIVA DE BIBLIOTECA Y PUBLICACIONES

"DETERMINACION DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN PRESENTE EN EL AGUA SUBTERRÁNEA POR LIXIVIADOS PROVENIENTE DE SEPULTURAS DE CADÁVERES UBICADOS BAJO EL SUELO EN ELCEMENTERIO GENERAL DE PUCALLPA-UCAYALI"

TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE:
INGENIERO AMBIENTAL

BACH. MABEL LAZO AREVALO

PUCALLPA-PERÚ
2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

COMISION DE GRADOS Y TITULOS

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N°42

En la ciudad de Pucallpa a las 11:30 am horas del día 19 de abril del 2017, se reunieron en la sala de docentes en la Universidad Nacional de Ucayali, los miembros del jurado calificador integrado por los siguientes docentes:

Dr. Oscar Barreto Vásquez : Presidente

Dr. Carlos Panduro Carbajal : Miembro

Ing. Fermín Campos Solórzano : Miembro

Para evaluar la sustentación de la tesis "**Determinación del grado de contaminación presente en el agua subterránea por lixiviados proveniente de sepulturas de cadáveres ubicados bajo el suelo en el Cementerio General de Pucallpa-Ucayali",** presentado por la Bach. Mabel Lazo Arévalo.

Terminada la sustentación se procedió a la formulación de preguntas por los miembros del jurado calificador siendo absueltas satisfactoriamente por la sustentante según por la cual la tesis fue aprobada por **unanimidad,** en el calificativo de muy bueno.

Por lo que se declara apto para obtener el título de Ingeniero Ambiental, siendo asesor de la tesis el Dr. Gabriel Mercado Jáuregui.

A las 11 horas, 45 minutos, se dio por finalizado el acto académico.

Dr. Oscar Barreto Vásquez
PRESIDENTE

Dr. Carlos Panduro Carbajal
MIEMBRO

Ing. Fermín Campos Solórzano
MIEMBRO

DEDICATORIA

Con mucho amor a los esfuerzos de mi señor padre Favio y a mi señora madre Marcia, por sus sacrificio y apoyo incondicional para alcanzar mis anhelos.

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 mi familia, por el apoyo y comprensión recibida de parte de ellos en todo este tiempo.

A mi asesor: Ing. Gabriel Mercado Jáuregui; por su guía, trabajo, dedicación y consejo recibido a lo largo de la ejecución de este trabajo.

A las personas e instituciones que nos apoyaron como:

- Universidad Nacional de Ucayali por financiar parte de esta investigación.

- A la Oficina de Control y Calidad de la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Coronel Portillo, en especial a los señores: Ing. Luis E. Rodríguez Rosas, Ing. Oscar Reyna Garrido y Blgo. Eric Mananita Terrones por brindarme el apoyo en los análisis e interpretación de muestras.

- A la municipalidad Provincial de Coronel Portillo por brindarme la autorización de realizar mis actividades dentro del cementerio.

- Al director de la I.E 65012- William Dyer Ampudia.

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

Y así a todas las personas no profesionales y profesionales, el cual consulté o pedí apoyo, sin ningún interés.

ÍNDICE

DEDICATORIA iii
AGRADECIMIENTOS iv
RESÚMEN xii
ABSTRACT xiii
INTRODUCCIÓN 1
CAPITULO I 3
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 3
1.1.1. Problema general: 4
1.1.2. Problemas específicos: 4
1.2. HIPÓTESIS 4
CAPITULO II 5
2.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO 5
2.1.1. Ubicación 5
2.1.2. Límites 7
2.1.3. Área de Influencia 8
2.1.4. Población afectada 8
2.1.5. Accesibilidad 9
2.1.6. Clima 9
2.1.7. Suelos 10
2.1.8. Geología 10
2.1.9. Litología 11
2.1.10. Napa freática 12
2.2. AGUA SUBTERRÁNEA 13
2.2.1. Características físicas del agua subterránea 15
2.2.2. Características químicas del agua subterránea 17
2.3. CONTAMINANTES DEL AGUA SUBTERRÁNEA GENERADA EN LOS CEMENTERIOS 22
2.3.1. Formas de transmisión de contaminantes 22
2.3.2. Proceso de descomposición 24
2.3.3. Características de lixiviados 26

2.4. MARCO JURÍDICO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE AGUAS 27
2.4.1. Normas de regulación de la contaminación de aguas en el Perú: 27
2.4.2. Normas referidas a cementerios y servicios funerarios. 29
2.5. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CALIDAD DEL AGUA 30
2.5.1. Reglamento Peruano de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N° 031-2010-SA) 33
CAPITULO III 39
3.1. METODO DE LA INVESTIGACIÓN 39
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA 39
3.2.1. Población 39
3.2.2. Muestra 39
3.3. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS 40
3.3.1. Ubicación de las fuentes de aguas subterráneas utilizadas para consumo humano. 40
3.3.2. Selección de parámetros 40
3.3.3. Lugar de análisis de muestras 41
3.3.4. Método de muestreo 41
3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCION DE DATOS 46
3.4.1. Materiales y Equipos 46
3.4.2. Herramientas 47
3.4.3. Programas (Software) 47
CAPITULO IV 5
4.1. RESULTADOS 49
4.1.1. Análisis de Calidad Aguas Subterráneas 49
4.1.2. Perfil Estratigráfico – SUELO DE CEMENTERIO 65
4.1.3. Análisis granulométrico- SUELO DE CEMENTERIO 66
4.2. DISCUSION 71
4.2.1. Resultados Bactereológicos 71
4.2.2. Resultados Fisico-Quimicos 72
CAPITULO V 78
5.1. CONCLUSIONES 78
5.2. RECOMENDACIONES 79

BIBLIOGRAFIA 80
ANEXOS 82

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los pozos de muestreo 7
Tabla 2. Datos meteorológicos de Pucallpa, promedio de últimos 10 años (2003-2013) 10
Tabla 3. Límites máximos permisibles para parámetros microbiológicos y parasitológicos. 31
Tabla 4. Límites máximos permisibles de parámetros de calidad Organolépticas 32
Tabla 5. Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos 32
Tabla 6. Método de laboratorio para análisis físico-químico 43
Tabla 7. Método de laboratorio para análisis microbiológico. 44
Tabla 8. Tamaño de partículas. 44
Tabla 9. Resultados de los análisis físicos-químicos y bacteriológicos de los pozos muestreados (primera repetición) 49
Tabla 10. Resultados de los análisis físicos-químicos y bacteriológicos de los pozos muestreados (segunda repetición) 50
Tabla 11. Perfil Estratigrafico 65
Tabla 12. Perfil de Suelo A1 (Muestra: 100 g.) 66
Tabla 13. Perfil de Suelo A2 (Muestra: 100 g) 67
Tabla 14. Perfil de Suelo B (Muestra: 100 g) 68
Tabla 15. Perfil de Suelo C(Muestra: 100 g.) 69
Tabla 16. Perfil de Suelo C(Muestra: 100 g.) 70

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la provincia del área de estudio 6
Figura 2. Mapa de localización de los puntos de muestreo 6
Figura 3. Corte Hidrogeológico esquemático 12
Figura 4. Tipos de pozos de agua 14
Figura 5. Determinación de Coliformes totales en R1 51
Figura 6. Determinación de Coliformes Termotolerantes en R1 51
Figura 7. Determinación de bacterias Heterotróficas en R1 52
Figura 8. Determinación de Coliformes Totales en R2 52
Figura 9. Determinación de Coliformes Termotolerantes en R2 53
Figura 10. Determinación de Bacterias Heterotróficas en R2 53
Figura 11. Determinación de Conductividad en R1 54
Figura 12. Determinación de Sólidos Disueltos Totales R1 54
Figura 13. Determinación de pH R1 55
Figura 14. Determinación de la temperatura R1 55
Figura 15. Determinación de alcalinidad R1 56
Figura 16. Determinación de dureza R1 56
Figura 17. Determinación de Cloruro R1 57
Figura 18. Determinación de salinidad R1 57
Figura 19. Determinación de Nitrato R1 58
Figura 20. Determinación de nitrito R1 58
Figura 21. Determinación de sulfatos 59
Figura 22. Determinación de Conductividad en R2 59
Figura 23. Determinación de Sólidos Disueltos Totales en R2 60
Figura 24. Determinación de pH en R2 60
Figura 25. Determinación de Temperatura en R2 61
Figura 26. Determinación de Alcalinidad en R2 61
Figura 27. Determinación de Dureza en R2 62
Figura 28. Determinación de Cloruro en R2 62
Figura 29. Determinación de Salinidad en R2 63
Figura 30. Determinación de Nitrato en R2 63
Figura 31. Determinación de Nitrito en R2 64
Figura 32. Determinación de Sulfato en R2 64

Figura 33. Peso retenido A1..... 66
Figura 34. Porcentaje en peso retenido en perfil A1..... 66
Figura 35. Porcentaje de peso que pasa en perfil A1..... 66
Figura 36. Peso retenido A2..... 67
Figura 37. Porcentaje en peso retenido en perfil A2.....67
Figura 38. Porcentaje de peso que pasa en perfil A1.....67
Figura 39. Peso retenido B.....68
Figura 40. Porcentaje en peso retenido en perfil A2.....68
Figura 41. Porcentaje de peso que pasa en perfil B.....68
Figura 42. Peso retenido C..... 69
Figura 43. Porcentaje en peso retenido en perfil C.....69
Figura 44. Porcentaje de peso que pasa en perfil C.....69
Figura 45. Peso retenido D..... 70
Figura 46. Porcentaje en peso retenido en perfil D.....70
Figura 47. Porcentaje de peso que pasa en perfil D.....70
Figura 48. Zonas de Muestreo 01..... 85
Figura 49. Zonas de Muestreo 02.....85
Figura 50. Zonas de Muestreo 03.....85
Figura 51. Zonas de Muestreo 04.....85
Figura 52. Zonas de Muestreo 05.....85
Figura 53. Muestreo de Agua de Pozos Tubulares 1..... 86
Figura 54. Muestreo de Agua de Pozos Tubulares 2 86
Figura 55. Estufa bactereológico..... 87
Figura 56. Blgo. Eric Mananita Terrones..... 87
Figura 57. pH-metro (margen izquierda) y Conductímetro (margen derecha)..... 87
Figura 58. Colorímetro (margen izquierda) y turbidímetro (margen derecha)..... 87
Figura 59. Aparato de filtración..... 88
Figura 60. Olla a presión..... 88
Figura 61. Solución EDTA 0.01N, Solución de Nitrato de Plata, solución de ácido sulfúrico 0.02N..... 88
Figura 62. Solución amortiguadora para sulfato (Centro), Solución amortiguadora para aluminio (Derecha), Solución amortiguadora de acetato de amonio (Izquierda).....88

Figura 63. Solución de anaranjado de metilo (Izquierda), Solución de Tiosulfato de sodio (Derecha), Solución de fenolftaleína (Centro) 89
Figura 64. Murexida (Izquierda)..... 89
Figura 65. Espectrofotómetro 89
Figura 66. Micro pipetas 89
Figura 67. Pipeteador automático..... 90
Figura 68. Agar plate count (Izquierda), M-FC-Agar (Centro), Agar Endo (Derecha)..... 90
Figura 69. Realización de análisis
Figura 70. Realización de recuentos en de muestras de agua placa..... 90
Figura 71. Estufa Bacteriológica..... 90
Figura 72. Estufa esterilizadora 90
Figura 73. Muestra Pozo Tubular Cementerio "Bacterias Heterotróficas" (Izquierda), Muestra Pozo Tubular Manantial "Bacterias Heterotróficas" (Derecha) 91
Figura 74. Muestra Jr. Vargas Guerra "Bacterias Heterotróficas" (Izquierda), Muestra Pozo Tubular Pablito "Bacterias Heterotróficas" (Derecha) 91
Figura 75. Muestra Pozo Tubular Colegio "Bacterias Heterotróficas" 91
Figura 76. Muestra Pozo Tubular Manantial "Coliformes Fecales" (Derecha), Muestra Pozo Tubular Cementerio "Coliformes Fecales" (Izquierda), ... 92
Figura 77. Muestra Jr. Vargas Guerra "Coliformes Fecales" (Izquierda), Muestra Pozo Tubular Pablito "Coliformes Fecales" (Derecha)..... 92
Figura 78. Muestra PT Colegio "Coliformes Fecales" 92
Figura 79. Muestra Pozo Tubular Manantial "Coliformes Totales" (Derecha), Muestra Pozo Tubular Cementerio "Coliformes Totales" (Izquierda), ... 93
Figura 80. Muestra Jr. Vargas Guerra "Coliformes Totales" (Izquierda), Muestra Pozo Tubular Pablito "Coliformes Totales" (Derecha) 93
Figura 81. Muestra Pozo Tubular Colegio "Coliformes Totales" 93
Figura 82. Muestra Pozo Tubular Pablito segunda repetición (Bacterias Heterotróficas) 94
Figura 83. Muestra Pozo Tubular Colegio segunda repetición (Bacterias Heterotróficas) 94

Figura 84. Muestra Pozo Tubular Cementerio segunda repetición (Bacterias Heterotróficas) 94
Figura 85. Muestra Pozo Tubular Jr. Vargas Guerra segunda repetición (Bacterias Heterotróficas)..... 94
Figura 86. Muestra Pozo Tubular Manantial segunda repetición (Bacterias Heterotróficas) 95
Figura 87. Muestra Pozo Tubular segunda..... 95
Figura 88. Muestra Pozo Tubular segunda..... 95
Figura 89. Perfil estratigráfico "Calicata" en el cementerio General de Pucallpa. 95
Figura 90. Perfil de suelo del cementerio general de Pucallpa 96
Figura 91. Muestra de cada perfil de suelo del cementerio 96

RESÚMEN

El presente estudio se realizó, con el objetivo de analizar el grado de contaminación de las aguas subterráneas están generando los lixiviados provenientes de sepulturas de cadáveres bajo el suelo en el área de influencia del cementerio general de Pucallpa. Para ello se identificó pozos de agua subterráneas que abastecen a la población colindante del cementerio, es por ello que se procedió a realizar dos análisis a cada uno de los pozos tubulares, para identificar la calidad del agua.

Los análisis físico – químicos del agua, mostraron que los resultados de los pozos tubulares se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031 – 2010 – SA.

Los análisis microbiológicos de los cinco pozos tubulares se encuentran aptos para que pueda ser consumido mediante tratamientos de simple desinfección para el consumo humano, ya que en dos análisis indicaron que se sobrepasan los LMP.

De acuerdo a los resultados granulométricos obtenidos del perfil estratigráfico el 30% está compuesto por arena y el 70% por arcilla.

Palabras clave: Calidad del agua, lixiviado, Aguas subterráneas, granulometría.

ABSTRACT

The present study was conducted with the objective of analyzing the degree of contamination of the groundwater are generating the leachates coming from graves of corpses under the soil in the area of influence of the general cemetery of Pucallpa. For this purpose, we identified groundwater wells that supply the population adjacent to the cemetery, which is why we proceeded to perform two analyzes on each of the tubular wells, to identify the quality of the water.

The physico - chemical analyzes of the water showed that the results of the tubular wells are below the Maximum Permissible Limits (PML) established in the regulation of water quality for human consumption: D.S. N ° 031 - 2010 - SA.

Microbiological analyzes of the five tubular wells are suitable for use by simple disinfection treatments for human consumption, since in two analyzes they indicated that PML were exceeded.

According to the granulometric results obtained from the stratigraphic profile, 30% is composed of sand and 70% by clay.

Keywords: Water quality, leachate, groundwater, particle size.

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos fundamentales para la vida en nuestro planeta, siendo el componente básico de los ciclos ecológicos. La cuestión de la disponibilidad de agua para el consumo humano en el mundo, es un tema que hoy provoca discusión, aunque existe unanimidad en cuanto a la necesidad de su gestión y racionalización.

El vertiginoso crecimiento poblacional, que ha conllevado al excesivo consumo de agua para la producción de bienes y servicios, así como por la contaminación generada, ha comprometido la disponibilidad de ese recurso.

La escasez de agua dulce es un factor limitante para el desarrollo regional, pudiendo ser de origen natural cuando las condiciones fisiográficas limitan la disponibilidad del recurso, o ser provocada por el hombre por el desarrollo de sus actividades y por la concentración poblacional en espacios geográficos reducidos. (Jorge Espinoza ,2007)

Por lo señalado anteriormente se considera que es importante investigar el tema ya que va a permitir establecer mecanismos apropiados para posibilitar la preservación de los recursos hídricos de nuestro país.

Sabemos que cuando más contaminadas estén nuestras fuentes de abastecimiento de agua, mayores inversiones económicas tendremos que realizar para potabilizarlas y más los riesgos a los que estará expuesta no solo la salud de las personas sino las de todos los seres que de ella se nutren. (Jorge Espinoza ,2007)

Llegar a conocer la calidad física química y bacteria patogénica de las aguas subterráneas, influenciadas por lixiviados generados por cuerpos sepultados bajo suelo, aportará al conocimiento científico en nuestro país.

El objetivo principal el determinar el grado de contaminación presente del agua subterránea por lixiviados proveniente de sepulturas de cadáveres ubicados bajo el suelo. Los objetivos específicos fueron:

- Identificar la textura del suelo a diferentes profundidades y su influencia en la infiltración de los lixiviados.
- Analizar documentos que contengan indicios de las características de los lixiviados generados como producto de la descomposición de cuerpos inhumados.
- Determinar las concentraciones fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas subterráneas utilizadas para consumo humano, específicamente: turbiedad, pH, conductividad, dureza total, sulfatos, cloruros, nitratos, sólidos totales disueltos, coliformes totales, coliformes termotolerantes, colonias heterotróficas.
- Recomendar acciones que permita atenuar el impacto negativo generado por estos contaminantes.

CAPITULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El agua para consumo en la ciudad de Pucallpa es escaso, debido al aumento de la población, ante esta difícil situación de escasez del líquido elemento la población ha tomado como fuente de abastecimiento, la captación del agua subterráneas mediante la perforación de pozos ya sea a tajo abierto (artesanos), tubulares o mixtos, cuya fuente es el acuífero disponible, que es recargado por ríos, lagunas y lagos alrededor de la ciudad de Pucallpa.

Las aguas subterráneas suelen ser más difíciles de contaminar que las superficiales, pero cuando esta contaminación se produce, es más difícil de eliminar. Sucede esto porque las aguas del subsuelo tienen un ritmo de renovación muy lento. El deterioro de los acuíferos pueden llegar a tener problemas debido a la contaminación de aguas subterráneas, los procesos de contaminación suelen afectar a zonas muy localizadas, las actividades que provocan este tipo de contaminación son los lixiviados de residuos urbanos que se infiltran en el suelo.

En la actualidad la mayor parte de la población provincial se abastece de aguas subterráneas. La explotación de aguas subterráneas es importante en el desarrollo social y económico de la región. Motivo por el cual se justifica realizar el estudio del acuífero que se encuentra en el área del terreno asignado para el cementerio General de Pucallpa Ucayali.

El presente proyecto, se fundamenta en un estudio y diagnóstico microbiológico, físico y químico del agua subterránea, estableciéndose como área de estudio los alrededores del Cementerio General de Pucallpa, en donde se encuentran situadas las fuentes de captación de agua de la cuales se autoabastece a la población de la zona, y desinfectan el agua

empíricamente con cloro sin ningún control, fisicoquímico, situación que se observó en visitas y entrevistas realizadas.

1.1.1. Problema general:

- ¿Qué grado de contaminación de las aguas subterráneas están generando los lixiviados provenientes de sepulturas de cadáveres bajo suelo en esta zona?

1.1.2. Problemas específicos:

- ¿Cómo podría influir la textura del suelo en la infiltración de los lixiviados?
- ¿Qué indicios pudieran existir para que se genere la contaminación?
- ¿Por qué la concentración de lixiviados debe ponerse en estudio?
- ¿Qué acciones permitirían minimizar los impactos negativos generados por los lixiviados?

1.2. HIPÓTESIS

La hipótesis que se plantea en el desarrollo del presente trabajo de investigación es: los lixiviados generados por la descomposición de cuerpos humanos sepultados bajo suelo son altamente contaminantes.

CAPITULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1.1. Ubicación

El estudio se realizó en los pozos de abastecimiento de agua del Cementerio General de Pucallpa y sus alrededores, los cuales se encuentran ubicados en el Km 5 de la Carretera Federico Basadre, en la provincia de Coronel Portillo, región Ucayali a 154 m.s.n.m., respectivamente. Cabe mencionar que el tipo de zonificación es considerado como Peri-Urbana.

Ubicación del estudio : Ciudad de Pucallpa

Colindancias del Cementerio General con respecto a la ubicación de los pozos tubulares:

Izquierda : Se encuentra el pozo tubular N° 05 y 04, ambos pozos pertenecen al distrito de Calleria, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali.

Derecha : Se encuentra el pozo tubular N° 03, ambos pozos pertenecen al distrito de Calleria, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali.

Posterior : Se encuentra el pozo tubular N° 01, este pozo pertenece al distrito de Manantay, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali.

Frontal : Se encuentra el pozo tubular N°02, este pozo se encuentra dentro del Cementerio General de Pucallpa, y cerca del ingreso principal, este pozo pertenece al distrito de Calleria, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali

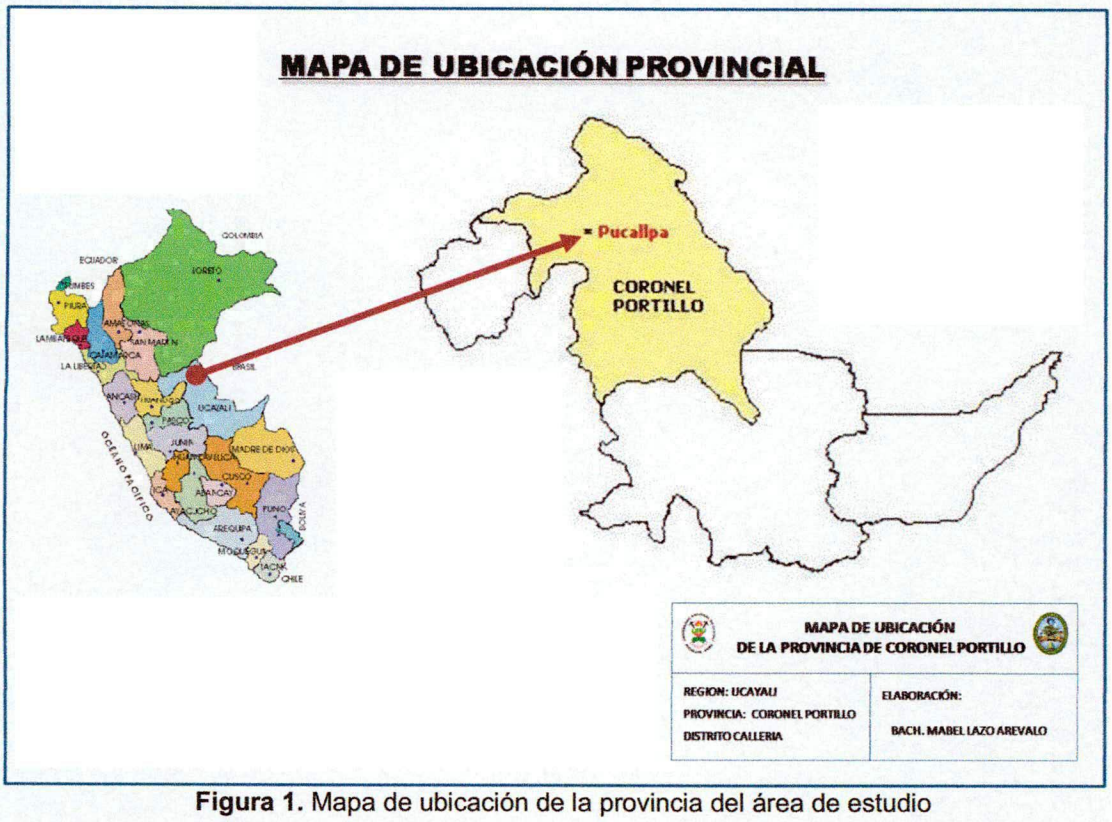


Figura 1. Mapa de ubicación de la provincia del área de estudio



Figura 2. Mapa de localización de los puntos de muestreo

Las coordenadas geográficas de los pozos de muestreo son las siguientes.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los pozos de muestreo

Fuente de abastecimiento de agua	Ubicación	Coordenadas UTM	
		Este	Norte
Pozo tubular 01	Empresa de agua Manantial	547338.118	9071958.887
Pozo tubular 02	Cementerio General de Pucallpa	547231.940	9072600.133
Pozo tubular 03	Jr. Arturo Vargas Guerra Mz A Lte 14	547335.909	9072445.583
Pozo tubular 04	Mini Marquet Gaby	547242.219	9072012.590
Pozo tubular 05	I.E Integrada N° 65012 Willian Dyer	547255.072	9072188.317
Pozo tubular fuera del Area de influencia	AA.HH Nuevo Bolognesi	545379.000	9071600.000

2.1.2. Límites

Los pozos de muestreo donde se encuentran ubicados tienen los siguientes límites:

Pozo tubular 01: Empresa de agua MANANTIAL
Por el Norte : Cementerio general de Pucallpa
Por el Sur : Vivienda
Por el Este : Vivienda
Por el Oeste : Vivienda

Pozo tubular 02: Cementerio general de Pucallpa
Por el Norte : Carretera Federico Basadre
Por el Sur : Cementerio general de Pucallpa
Por el Este : Vivienda
Por el Oeste : Empresa Galvanizadora Galpeza

Pozo tubular 03: Jr. Arturo Vargas Guerra Mz A Lte 14
Por el Norte : Vivienda
Por el Sur : Vivienda
Por el Este : Hotel Ecológico MANISH
Por el Oeste : Cementerio general de Pucallpa

Pozo tubular 04: Mini Marquet Gaby
Por el Norte : Vivienda
Por el Sur : Vivienda
Por el Este : Cementerio general de Pucallpa
Por el Oeste : Vivienda

Pozo tubular 05: I.E Integrada N° 65012 Willian Dyer
Por el Norte : Empresa Galvanizadora Galpeza
Por el Sur : Vivienda
Por el Este : Cementerio general de Pucallpa
Por el Oeste : Terreno privado

Pozo tubular fuera del Al: AA.HH Nuevo Bolognesi
Por el Norte : Vivienda
Por el Sur : AA.HH Virgen de la Guadalupe
Por el Este : Vivienda
Por el Oeste : Calle Tarma

2.1.3. Área de Influencia

Se denomina al área de estudio, el área ocupada por el cementerio General de Pucallpa, y como área de influencia del cementerio, el radio de 100 m de distancia con respecto a la ubicación del Cementerio General de Pucallpa.

2.1.4. Población afectada

Se denomina población afectada, aquella población que viene siendo abastecida por los pozos tubulares de agua, a continuación se describe la cantidad de familias que vienen siendo abastecidas por los pozos tubulares de agua estudiados.

Pozo tubular N° 01: Tiene como clientes estables a 50 familias

Pozo tubular N° 02: Viene abasteciendo a los visitantes del propio cementerio.

Pozo tubular N° 03: Viene abasteciendo a 35 familias.

Pozo tubular N° 04: Viene abasteciendo a 120 familias.

Pozo tubular N° 05: Viene abasteciendo a 960 estudiantes.

Pozo tubular N° 06: Viene abasteciendo a más de 70 familias.

2.1.5. Accesibilidad

Para los pozos dentro del área de influencia:

Se accede a través de la Carretera Federico Basadre (Km 5), al Cementerio General de Pucallpa, a los pozos ubicados alrededor del Cementerio se accede por el Jr. Arturo Vargas Guerra, Av. Primavera y por la Av. Lloque Yupanqui.

Para el pozo que esta fuera del área de influencia:

Se accede a través de la Carretera Federico Basadre (Km 7.200 y Km 7.300) al Asentamiento Humano Nuevo Bolognesi.

2.1.6. Clima

El clima donde se ubica el área de estudio es el mismo de Pucallpa, que es del tipo cálido – húmedo, con ligeras variaciones que conforman las llamadas época seca y lluviosa. El clima es tropical, con temperatura cálida todo el año, clasificada como clima ecuatorial según el sistema de Köppen.

La temperatura media es de 27.1 °C. Con valores máximos en el mes de setiembre que llegan a los 33.20 °C; los valores mínimos ocurren en el mes de julio donde llega hasta los 20.60° C. La precipitación promedio anual promedio es de 1,768.80 mm. (Consorcio Inmaculada, 2015).

Tabla 2. Datos meteorológicos de Pucallpa, promedio de últimos 10 años (2003-2013)

Meses	Temperatura				PP	Horas	Nubes	Vientos	
	Máx.	Mín.	Med.	Oscil.	Mn	Sol	Octavos	Vel. M/s	Direc.
ENERO	32.20	22.90	27.60	9.30	175.80	121.20	157.80	1.80	N
FEBRERO	31.40	22.70	27.10	8.70	214.80	104.70	181.40	1.70	NW
MARZO	31.40	22.80	27.10	8.60	215.10	113.90	188.90	1.40	NW
ABRIL	31.90	22.70	27.30	9.20	205.00	144.60	170.40	1.50	NE
MAYO	31.40	21.60	26.50	9.80	134.50	160.10	146.10	1.50	SE
JUNIO	31.40	21.10	26.30	10.30	92.90	164.00	137.20	1.40	SE
JULIO	31.60	20.60	26.10	11.00	53.10	200.30	123.60	1.60	SE
AGOSTO	32.80	21.00	26.90	11.80	64.50	224.70	153.80	1.40	SE
SETIEMBRE	33.20	21.50	27.40	11.70	115.10	180.70	139.60	1.60	NE
OCTUBRE	33.10	22.60	27.90	10.50	159.10	159.30	163.20	2.20	NW
NOVIEMBRE	32.90	22.80	27.90	10.10	144.80	163.20	170.80	1.70	N
DICIEMBRE	32.30	22.90	27.60	9.40	194.10	129.40	153.90	1.70	N
PROMEDIO	**32.1**	**22.1**	**27.1**	**10**		**155.50**	**157.2**	**1.6**	
TOTAL					**1,768.80**	**2,021.60**			

Fuente: Estación Meteorológica de la UNU, Pucallpa, agosto 2013

2.1.7. 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 también se denomina como "Acrisol" y "Podzólicos Rojo Amarillos" en otros sistemas de clasificación. (GOREU, 2007).

2.1.8. 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 varia muy ligeramente pero por lo general son de composición areno arcilloso a limosos y arcillosos. (Caracterización del departamento de Ucayali con fines de ordenamiento territorial, GOREU. 2007).

2.1.9. Litología

Litológicamente están constituidas por una secuencia mayormente de capas de arcillas, limos y lodolíitas, intercaladas con capas de horizontes de arena y/o areniscas friables que constituyen los estratos productivos.

Con el objetivo de dar una visión general del acuífero y cuáles son sus constituyentes litológicos en la zona de estudio, se muestra el siguiente corte hidrogeológico esquemático A-A' así como también; perfiles litológicos de pozos representativos el análisis de esto permitirá mostrar las características litológicas de los materiales que conforman el acuífero, los cuales presentan heterogeneidades en cuanto a la disposición de los materiales.

El análisis y la interpretación de este corte hidrogeológico y de los perfiles litológicos representativos de la ciudad de Pucallpa, permite inferir la secuencia sedimentaria de los reservorios acuíferos, tal como se muestra a continuación:

Superficialmente está constituido por capas de limo, arcilla y lodolítas limosas, donde se puede observar que a partir de 15.00 m. de profundidad, un horizonte de arenisca arcillosa que constituye el acuífero superficial, luego infrayace capas de lodolítas, limos, arcillas y entre los 30.00 y 40.00 m de profundidad; un horizonte arenoso que constituye el segundo acuífero.

Posteriormente, sigue una secuencia de capas de lodolitas intercaladas con horizontes arenosos de grano grueso a fino de 4.00 – 5.00 m de espesor, los que constituyen los acuíferos productivos más profundos. Resumiendo los acuífero están constituidos por una

serie de capas (multicapas) bien diferenciadas, siendo las más productivas, las que presentan materiales gruesos. (INRENA-DGAS, Dic 1998).

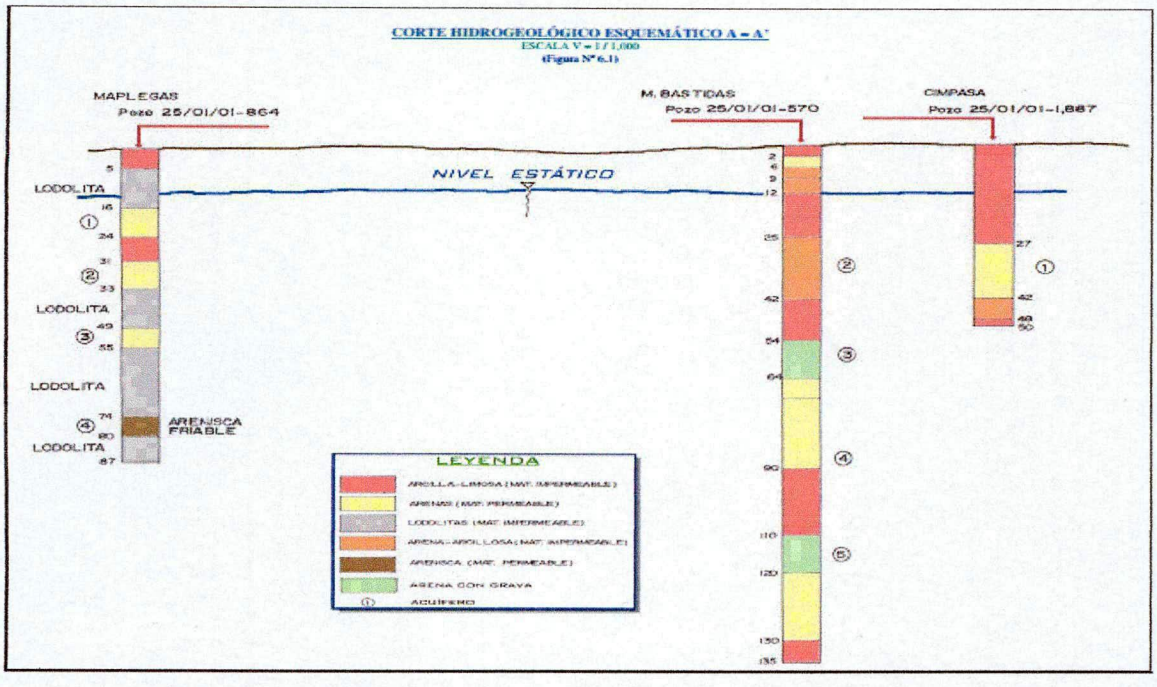


Figura 3. Corte Hidrogeológico esquemático
Fuente: MINAGRI (1998). Inventario y Evaluación de las Fuentes de Agua Subterránea de la ciudad de Pucallpa y Yarinacocha

2.1.10. Napa freática

Las aguas subterráneas en la zona investigada forma parte de la napa semi confinada debido a que los horizontes productivos acuíferos situados a diferentes profundidades se encuentran sellados en su techo y en su base por materiales impermeables, los cuales deben tener una recarga o alimentación de procedencia lejana y cuya permanente explotación, no afectaría a la actual explotación, tanto en cantidad como en calidad. La alimentación proviene principalmente de las infiltraciones del río Ucayali y de la Laguna Yarinacocha. La recarga del acuífero superficial proviene principalmente de las infiltraciones de las lluvias torrenciales que caen en la zona.

2.2. AGUA SUBTERRÁNEA

Las **aguas subterráneas** son parte esencial del ciclo hidrológico. Aunque el ciclo es único e indivisible, los estudios se realizan de forma independiente debido a las peculiaridades de ambas porciones, pero sin olvidar sus interconexiones, ya que en definitiva el agua es siempre la misma.

El agua se almacena en las formaciones geológicas porosas denominadas "**acuíferos**", dentro de los cuales se mueve y presenta interrelaciones con las aguas superficiales, lo que se manifiesta de forma notoria en la aparición de fuentes naturales y zonas húmedas.

Es agua que se filtra a través de grietas y poros de las rocas y sedimentos que yacen debajo de la superficie de la tierra, acumulándose en las capas arenosas o rocas porosas del subsuelo. El agua se almacena y mueve en las formaciones geológicas que tienen poros o vacios. (Guía "Las Aguas Subterráneas un enfoque práctico". Instituto Colombiano de Geología y Minería. 2011)

Usos:

El agua subterránea se utiliza principalmente para abastecimiento doméstico, uso industrial y riego.

Composición:

La composición del agua subterránea depende de:

- Tipo y características de la roca (tipos de suelo)
- Composición del agua infiltrada (agua lluvia)
- Procesos microbiológicos y químicos del suelo

Extracción

Puede extraerse a partir de condiciones dadas espontáneamente por la naturaleza, como es el caso de los manantiales o las descargas subterráneas a un rio o al mar.

Para extraer el agua subterránea de los acuíferos por medios artificiales, es necesario construir una captación, es decir una instalación que permita poner a disposición del usuario el agua contenida en los acuíferos. Entiéndase por acuíferos, las rocas que tienen agua y que a su vez permiten su movimiento, bajo la acción de las fuerzas de gravedad, de tal manera que puede explotarse en cantidades apreciables.

Las captaciones se clasifican de la siguiente manera:

a. Pozos: perforación mecánica vertical, por lo regular en forma cilíndrica (diámetro 2 a 16 pulgadas) revestidos de tubería metálica o PVC. Se realizan mediante hincados de tubería o perforación con taladros y se dotan de sistemas de extracción (electrobombas o compresores).

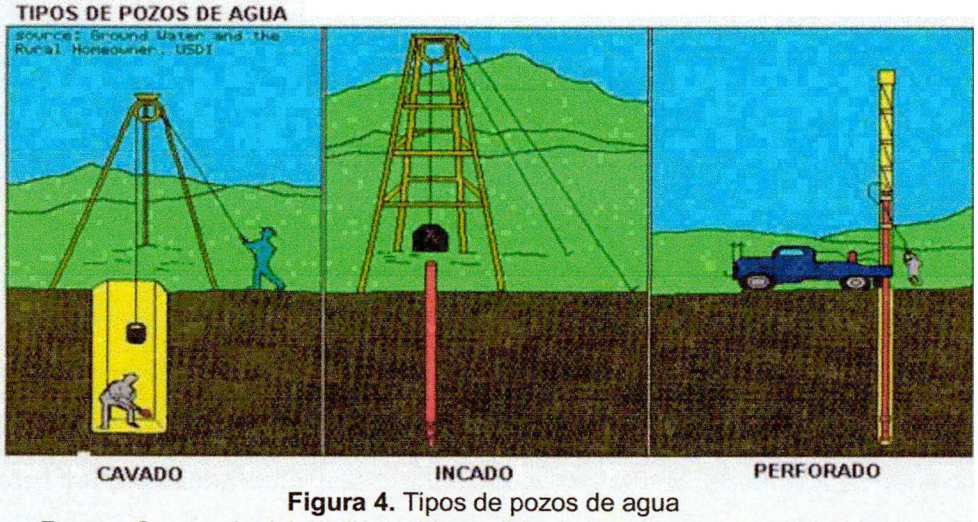


Figura 4. Tipos de pozos de agua
Fuente: Secretaria del medio Ambiente (http://ambientebogota.gov.co/aguas-subterraneas).

b. Aljibes: Receptáculo hallado mediante excavación, que almacena agua subterránea con profundidades pequeñas (5 a 10 metros) y diámetros grandes (hasta 1 metro), cuyas paredes se revisten con ladrillo, tubería de cemento o concreto para evitar su derrumbamiento. Para extraer el agua contenida, se puede hacer uso de bombas manuales o sistema de bombeo muy simples.

c. Manantiales: Es una sugerencia del agua que emerge de las rocas y están concentrados en la zona de descarga del agua subterránea, y cuando brota a la superficie, se convierte en un afluente temporal o permanente. Generalmente se realizan galerías y drenes, las cuales son perforaciones horizontales de baja pendiente de sección circular que interceptan el flujo de agua subterránea en el acuífero, permitiendo que el agua salga a la superficie del terreno por gravedad. (Guía "Las Aguas Subterráneas un enfoque práctico". Instituto Colombiano de Geología y Minería. 2011).

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 solo es azulada en grandes espesores. En general presenta colores inducidos por materiales orgánicos de los suelos vegetales, como el color amarillento debido a los ácidos húmicos. La presencia de hierro puede darle color rojizo, y la del manganeso un color negro. El color afecta estéticamente la potabilidad de las aguas, puede representar un potencial de ciertos productos cuando se utiliza como material de proceso (Custodio & Llamas, 2004).

- **Sabor y Olor:** El sabor y olor del agua son determinaciones organolépticas de determinación subjetiva, para los cuales no existen instrumentos de observación, ni registro, ni unidades de medida. Tienen un interés evidente en las aguas potables destinadas al consumo humano. Las aguas adquieren un sabor salado a partir de los 300 ppm de Cl^-, y un gusto salado y amargo con más de 450 ppm de $SO_4=$. 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 (µS/cm) para la conductividad; y para la resistividad Ohmio-m (Ω-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 SiO2 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) x 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

mg/L; aunque son frecuentes las concentraciones inferiores a 2 mg/L (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 mg/L de CO_3Ca pudiendo llegar a 1000 mg/L o más (Custodio & Llamas, 2004).

- **Alcalinidad:** Se le conoce como la capacidad de un agua para neutralizar ácidos, usualmente es expresado como mg/L de CO_3Ca. En la mayoría de las aguas naturales la alcalinidad está producida por los iones carbonato y bicarbonato, los valores están entre 100 mg/L y 300 mg/L a veces entre 50 y 500 mg/L de CO_3Ca, excepcionalmente hasta 1000 mg/L (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 semi cuantitativo con unidades mg/L de O_2. En aguas subterráneas no contaminadas los valores oscilan entre 1 y 5 mg/L de O_2. Valores superiores a 10 mg/L 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 (DBO_5):** 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 mg/L de O_2. 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 ion 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 ion cloruro en aguas naturales se encuentra entre 10 y 250 mg/L; una concentración de 300 mg/L confiere sabor salado al agua aunque se pueden presentar valores superiores a estos entre 18000 y 22000 mg/L como los medidos en agua de mar (Custodio & Llamas, 2004).
- **Sulfatos (SO_4^{-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 SO_4Ca y raramente en forma de SO_4Sr o SO_4Ba, la solubilidad de yeso en agua pura es de 2.095 gL^{-1} pudiendo llegar a 7.30 gL^{-1} si el contenido de ClN a 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:

(Calcita) $CaCo_3 + H_2O + CO_2 \longrightarrow Ca_2 + +2HCO_3^-$

(Dolomita) $CaMg(CO_3)_2 + 2H_2O + 2CO_2 \longrightarrow Ca^{+2} + Mg^{+2} + 4HCO_3^-$

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 mg/L, algunas veces puede llegar hasta 800 mg/L (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 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 mg/L; pero en aguas contaminadas puede llegar a 200 mg/L y en algunos casos hasta 1000 mg/L (Custodio & Llamas, 2004).

- **Sílice (Si^{+}):** El origen de la sílice en el agua subterránea es producto de los procesos de hidrólisis de feldespatos 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 mg/L en forma de SiO_2 pudiendo llegar hasta 1000 mg/L 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 mg/L y puede llegar hasta 600 mg/L en aguas con altos contenidos de selenio; en el agua de mar lo normal es 400 mg/L excepcionalmente 50,000 mg/L en salmueras de Cl_2Ca. Su solubilidad en solución depende del equilibrio de CO_2–CO_3H^-–CO_3^{-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 mg/L; en terrenos calcáreos pueden sobrepasar a veces 100 mg/L, y en terrenos evaporíticos pueden alcanzar valores de 1,000 mg/L de 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 ion potasio varían de 0.1 a 10 mg/L 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 mg/L aunque en aguas con pH entre 6 y 8 llega a presentar concentraciones de 50 mg/L. Cuando los bicarbonatos se encuentran por debajo de 61.0 mg/L, lo normal es que se encuentre en concentraciones inferiores a 0.1 mg/L (Custodio & Llamas, 2004).

2.3. CONTAMINANTES DEL AGUA SUBTERRÁNEA GENERADA EN LOS CEMENTERIOS

2.3.1. Formas de transmisión de contaminantes

A continuación se señalan sucintamente las formas analizadas de transmisión de contaminantes en el medio subterráneo, entre los que encuentran los líquidos lixiviados generados por descomposición de cuerpos sepultados bajo suelo. Las cuatro primeras corresponden a

formas idealizadas de transmisión de contaminantes, mientras que la última corresponde a la forma no idealizada o real.

a) La primera corresponde al flujo a través de medios porosos, que es tortuoso y que genera una fuerte dispersión por lo que el reparto de sustancias contaminantes se realiza hacia zonas que normalmente no ocuparían.
b) La segunda se refiere a que si los contaminantes se trasladarían a flujo continuo y en concentraciones constantes, el agua receptora se encontraría libre de contaminantes sino se produjera la dispersión, y estaría en esa situación hasta que el frente contaminante alcanzara el flujo de salida de la muestra de agua.
c) La tercera, corresponde al traslado y expansión de sustancias contaminantes en el medio subterráneo. En este caso se forma una estela que se traslada y se expande según si el origen se encuentre en un foco puntual continuo de suministro o aparezcan estelas alternativas provocadas por hechos aislados como por ejemplo otros vertidos. La dispersión longitudinal de la estela queda oculta debido al transporte advectivo.
d) En la cuarta, se considera el traslado de contaminantes según el experimento de Darcy, pero sin diferencia de carga hidráulica entre los extremos de las muestras. Debido a ello: el gradiente hidráulico, el flujo de Darcy y el traslado advectivo, equivaldrían a cero; pero por la gradiente química de concentración, los contaminantes se trasladarían a concentraciones inferiores a 1.0 en el otro extremo, dependiendo esto del volumen y la concentración del contaminante y el volumen de arena y agua empleada en el experimento.
e) En realidad existen una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que afectan el traslado de sustancias contaminantes hacia las aguas subterráneas. Existen asimismo procesos mecánicos y condiciones especiales que afectan los procesos normales de flujo, como los medios con fisuras, la heterogeneidad y los flujos líquidos en fase no acuosa.

2.3.2. Proceso de descomposición

De los procesos de descomposición de organismos se sabe que la putrefacción, se inicia inmediatamente con la muerte y está condicionada a factores acelerantes y retardantes. Entre los primeros están: el clima tropical, los terrenos abonados, el sumergimiento en agua y muerte por septicemia; mientras que entre los segundos están: el clima frío, el uso de antibióticos ante mortem y los terrenos desérticos.

La putrefacción de un cadáver se inicia con las bacterias endógenas intestinales, del tipo saprófitas, principalmente enterobacterias. A esta fase anaerobia le sigue la aparición de bacterias facultativas como las del género Neisseriaceae y otras anaerobias del género Clostridium. Estas bacterias son originarias del cadáver o del terreno circundante. Los agentes microbianos anaerobios son los que producen los gases pútridos del cadáver, pero estos actúan después que otras bacterias aeróbicas han agotado el poco oxigeno existente en el cadáver.

Entre los microorganismos originarios del cadáver, o del terreno circundante, capaces de causar enfermedades transmitidas por las aguas, tenemos:

- Clostridium (tétano, gangrena gaseosa)
- Mycobacterium (tuberculosis)
- Salmonella Typha y Paratyphi (fiebre tifoidea y paratifoidea)
- Shigella (desintería bacilar)
- Virus de hepatitis A.

En caso de muerte por enfermedades contagiosas o epidemia, están presentes los agentes de infección que compiten con otros organismos, como: algas, algas protozoarios, hongos y bacterias, algunos de los cuales son sus depredadores o comidas. Los hongos se desarrollan en los cadáveres inhumados, no así en aquellos que están expuestos al aire libre y al sol.

En el proceso de putrefacción hay dos periodos fundamentales: el gaseoso y el colicuativo. En el primero aparecen gases en el interior del cadáver el cual se hincha y se rompe desprendiendo líquidos humorosos que pueden llegar a valores de 7 a 12 litros. Estos fluidos pudieran entrar

en contacto con las aguas subterráneas si el nivel de la napa freática estuviera muy próximo a la superficie.

En lo que respecta a la generación de líquidos que emanan de un cadáver, los procesos que contribuyen a ellos son los siguientes:

1. **Deshidratación**, que se presenta a partir de la 8 horas post mortem. Esta dada por la evaporación del agua corporal (10 a 15 gr./kg./día). Se manifiesta por la depresión de los globos oculares.
2. **Desepitelización de las mucosas**, que se presenta a las 72 horas post mortem. Signos de deshidratación a nivel de las mucosas. Zonas más afectadas: la región interna de los labios de la boca, escroto en el hombre y labios mayores en los genitales femeninos.
3. **Adipocira**, fenómeno químico que se presenta en un medio húmedo sin aire.

Las grasas se conviertan en glicerina y ácidos grasos. Aparece entre los 3 y 6 meses post mortem, se completa entre los 18 a 20 meses. Es la transformación jabonosa de la grasa subcutánea y el cadáver adquiere una coloración blanco amarillenta de consistencia pastosa y olor rancio.

Según los investigadores brasileños como el Dr. Alberto Pacheco y Dr. Leziro Marques Silva, entre otros, el líquido resultante de la descomposición de cadáveres se caracteriza por ser una solución acuosa rica en sales minerales y sustancias orgánicas degradables, de color castaño-aceitunado, más viscosa que el agua, polimerabisable, de olor fuerte y pronunciado, con elevado grado de toxicidad y patogenicidad, bastante soluble en agua a un pH entre 5 a 9 y temperatura de 23° C a 28° C.

El volumen de generación de este líquido, cuyo nivel de toxicidad depende de la presencia de compuestos orgánicos y de la carga viral patogénica del cuerpo inhumado, puede llegar hasta los 40 litros por cada adulto de 70 kilos de peso, y su constitución comprende: 60% de agua, 30% de sales minerales y 10% de sustancias complejas, poco

conocidas, tales como la putrescina y la cadaverina, que contienen fundamentalmente sustancias nitrogenadas en su composición.

Para el Dr. Martins, la transmisión de carga bacterial patogénica proveniente de la descomposición de cadáveres hacia las aguas subterráneas es inevitable en suelos arenosos, altamente porosos y permeables, y en que la napa freática está entre los 0.6 a 2.2 metros de profundidad.

2.3.3. Características de lixiviados

Respecto a los líquidos lixiviados resultantes de la descomposición de cuerpos sepultados bajo suelo, estos se caracterizan por ser soluciones acuosas ricas en sales minerales y sustancias orgánicas degradables, de color castaño-aceitunado, más viscosas que el agua, polimerabisables, de olor fuerte y pronunciado, con elevado grado de toxicidad y patogenicidad, bastante soluble en agua a un pH entre 5 a 9 y temperatura de 23° C a 28° C. Su nivel de toxicidad depende de la presencia de compuestos orgánicos y de la carga viral patogénica del cuerpo inhumado. Su volumen puede llegar hasta los 40 litros por cada adulto de 70 kilos de peso y su constitución comprende: 60% de agua, 30% de sales minerales y 10% de sustancias complejas nitrogenadas como la putrescina y la cadaverina. En lo que respecta a metales, cuando los lixiviados provenientes de descomposición de cadáveres contienen zinc, cobre, fierro, manganeso, cromo, plata y aluminio, se deben a su liberación a partir de la destrucción de los ataúdes enterrados dado que estos son fabricados con materiales como: tintas, barnices, sellantes, dobleces, frisos y adornos.

2.4. MARCO JURÍDICO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE AGUAS

Para el desarrollo de la investigación relacionada con el cementerio general de "Pucallpa", se ha tenido en cuenta una serie de normas, políticas y leyes dictadas por los diferentes organismos públicos vinculados a la conservación de la fauna, flora y de los recursos naturales en general. Entre estas normas la de mayor importancia son las referidas a la conservación del agua, suelo y aire para hacer frente a los problemas durante la ejecución del proyecto.

2.4.1. Normas de regulación de la contaminación de aguas en el Perú:

a) Medidas preventivas

La Constitución Política del Perú de 1979 que en su Artículo 123° establece lo siguiente:

"Todos tienen derecho de habitar en ambientes saludables, ecológicamente equilibrados y adecuado para el desarrollo de la vida y la preservación del paisaje y la naturaleza; todos tienen el deber de conservar dicho ambiente".

Es obligación del Estado prevenir y controlar la Contaminación Ambiental.

Esto es ratificado en la Constitución Política de 1993, Articulo 2° inciso 22: *"Toda persona tiene derecho a la paz, tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso así como gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida".*

El Artículo IV de la Ley General del Ambiente D.L.N° 28611 (15/10/2005), establece que:

"Toda persona tiene derecho a exigir una acción rápida, sencilla y efectiva ante las entidades administrativas y jurisdiccionales, en defensa del medio ambiente y de sus componentes, velando por la salud de las personas en forma individual o colectiva...Se puede interponer acciones legales aun en los casos en que no se afecte el interés económico del accionante...".

Del mismo modo, el Artículo 129° de la Ley General de Aguas, D.L. N° 17752 (24/06/1969) se establece que cualquier persona puede denunciar omisiones o hechos contrarios a las disposiciones de dicha ley.

En el Reglamento de Clasificación de tierras, Decreto Supremo N° 0062/75-AG dado el 22-01-1975. Capítulo I: De Los Fines, Artículo 1° que establece que:

"Son objetivos del presente reglamento:

1. *Establecer un Sistema Nacional de Clasificación de la Tierras adecuadas a las características ecológicas de las diversas regiones naturales del país.*
2. *Difundir el uso racional permanente de las Tierras, con el fin de conseguir de ellas el máximo beneficio económico y social de interés público.*
3. *Evitar la destrucción y deterioro del suelo, que incida desfavorablemente en la estabilidad del régimen hidrológico de otros recursos naturales conexos.*

b) Mecanismo de Control

Según el marco jurídico del Perú, las aguas superficiales son consideradas como recursos de propiedad común; es decir no existen derechos de propiedad privada. El artículo 1° de la Ley General de Aguas, Decreto Ley N° 17752 (24/06/1969), establece que *"Las aguas sin excepción, en cualquiera de sus estados (sólido, líquido y gaseoso), son de propiedad del estado y su dominio es inalienable e imprescriptible. No hay propiedad privada de las aguas ni los derechos adquiridos sobre ellas"*. Según esta Ley, el ente regulador tiene la facultad de imponer sanciones a aquellos agentes que contravengan cualquiera de las disposiciones establecidas en la misma.

Según la Ley General de Aguas, el ente regulador tiene la facultad de imponer sanciones a aquellos agentes que contravengan cualquiera de las disposiciones establecidas en la Ley. Asimismo, el Artículo 122°, del 24 de junio de 1969 de la referida ley; menciona que *"El que contaminase aguas superficiales con daño para la salud humana, la*

colectividad o la flora o fauna, infringiendo alguna de las disposiciones pertinentes de la Ley, los que para evitar contaminación hubiera dictado la autoridad competente, será sancionado de acuerdo con lo dispuesto por el código penal, (Decreto Legislativo N° 635-3-491) quedando obligada a preparar los daños".

Del mismo modo, en su Artículo 66° de la Constitución de 1993 se establece que *"Los Recursos Naturales renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación"*, en consecuencia el Estado Peruano es soberano en su aprovechamiento. En el Art. 5º de la de la Ley General del Ambiente D.L.N° 28611 (15/10/2005) se ratifica que *"los Recursos Naturales Constituyen Patrimonio de la Nación".*

c) Estándares Ambientales

Reglamento de Desagües Industriales D.S.N° 28-60-SALP (29/11/1960), reemplazado por el nuevo Reglamento de Elaboración de Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado – SEDAPAL - 1994. En el Artículo 7.2.1 se señala las condiciones mínimas que deberán cumplir las descargas industriales para poder ingresar a los colectores del sistema público.

2.4.2. Normas referidas a cementerios y servicios funerarios.

- Ley N° 26298 de Cementerios y Servicios Funerarios (22/03/1994): En que se establecen las consideraciones de construcción, habilitación, conservación y administración de cementerios y locales funerarios, así como la prestación de servicios funerarios.
- Reglamento de Cementerios y Servicios Funerarios (DS. N° 03-94-SA) (06/10/1994): Que establece la serie de requisitos que se deben cumplir para autorizar el funcionamiento de un cementerio tipo parque ecológico. Respecto a ubicación de cementerios, los artículos de referencia señalan:

  Artículo 26º: "***los cementerios en áreas agrícolas*** *solo pueden ser del tipo Parque Ecológico*".

Artículo 15°, item ii): "*los cementerio públicos y privados estarán ubicados* ***preferentemente*** *en emplazamientos con suelos de textura arcillosa o arenosa, secos y con buen drenaje...*"

Artículos 15, item c-iii): "*el área destinada a sepulturas en un cementerio no puede estar situada* ***a menos de 10 metros de un río, manantial o canal de riego abierto***".

Artículo 15, item a-ii): "*la distancia mínima entre el fondo de las sepulturas bajo suelo y la napa freática debe* ***ser de 2.5 metros***".

2.5. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE 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 físicos 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 calidad en términos 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 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 especifico. 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.

- **Requisitos de calidad microbiológicos**

Tabla 3. 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. *E. Coli*	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
	UFC/100 mL a 44,5°C	
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/mL a 35°C	0 (*)
	N° org/L	
4. Bacterias Heterotróficas		500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes de protozoarios patógenos.	UFC / mL	0
	N° org/L	
6. Vírus		0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos		0

UFC = Unidad formadora de colonias
(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml.
Fuente: MINSA (Febrero, 2011). Reglamento de la calidad de agua para consumo Humano – DS N° 031-2010-SA.

Cuando en una muestra se presentan organismos coliformes totales fuera del reglamento, según la Tabla 3 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 por la Tabla 3.

- **Requisitos de calidad físicos y químicos**

Tabla 4. 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	1 000
8. Cloruros	mg/L Cl^-	250
9. Sulfatos	mg/L $SO_4^=$	250
10. Dureza total	mg/L $CaCO_3$	500
11. Amoniaco	mg/L N	1,5
12. Hierro	mg/L Fe	0,3
13. Manganeso	mg/L Mn	0,4
14. Aluminio	mg/L Al	0,2
15. Cobre	mg/L Cu	2,0
16. Zinc	mg/L Zn	3,0
17. Sodio	mg/L Na	200

UCV = Unidad de color verdadero
UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad
Fuente: MINSA (Febrero, 2011). Reglamento de la calidad de agua para consumo Humano – DS N° 031-2010-SA.

Tabla 5. Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg/L de Sb	0,020
2. Arsénico **(nota 1)**	mg/L de As	0,010
3. Bario	mg/L de Ba	0,700
4. Boro	mg/L de B	1,500
5. Cadmio	mg/L de Cd	0,003
6. Cianuro	mg/L de CN^-	0,070
7. Cloro **(nota 2)**	mg/L	5
8. Clorito	mg/ L	0,7
9. Clorato	mg/L	0,7
10. Cromo total	mg/L de Cr	0,050
11. Flúor	mg/L de F^-	1,000
12. Mercurio	mg/L de Hg	0,001
13. Niquel	mg/L de Ni	0,020
14. Nitratos	mg/L de NO^-_3	50,00
15. Nitritos	mg/L de NO^-_2	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg/L de Pb	0,010
17. Selenio	mg/L de Se	0,010
18. Molibdeno	mg/L de Mo	0,07
19. Uranio	mg/L de U	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 mg/L.
Nota 2: Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mg/L.
Fuente: MINSA (Febrero, 2011). Reglamento de la calidad de agua para consumo Humano – DS N° 031-2010-SA.

Efectos sobre la salud de los seres humanos

En el caso de los cementerios, siendo instalaciones de las cuales se derivan desechos peligrosos como los lixiviados, es necesario considerar los ***efectos del proceso de descomposición de organismos, que tiene lugar en dichos espacios.*** Como principal aspecto a tener en cuenta, se tiene que entre los microorganismos originarios del cadáver, o del terreno circundante, son capaces de causar enfermedades transmitidas por las aguas, los siguientes: Clostridium (tétano, gangrena gaseosa), Mycobacterium tuberculosis), Salmonella Typha y Paratyphi (fiebre tifoidea y paratifoidea), Shigella (disenteríabacilar) y el virus de hepatitis; y en el caso de muerte por enfermedades contagiosas o epidemia, están presentes los agentes de infección.

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.

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

Agua: el agua pura es un líquido inodoro e insípido. Tiene un matiz azul, que sólo puede detectarse en capas de gran profundidad. A la presión atmosférica (760mm de mercurio), el punto de congelación del agua es de 0°C y su punto de ebullición de 100° C. El agua alcanza su densidad máxima a una temperatura de 4° C y se expande al congelarse. Como muchos otros líquidos, el agua puede existir en estado sobre enfriado, es decir, que puede permanecer en estado líquido aunque su temperatura esté por debajo de su punto de congelación; se puede enfriar fácilmente a unos -25° C sin que se congele, (Monografias.com).

Agua subterránea: agua contenida en el subsuelo, procedente de la infiltración (precipitaciones y escorrentía) y en ocasiones de aguas juveniles magmáticas, (Infojardín).

Distribución vertical del agua subterránea

En un perfil de subsuelo, normalmente se presentan dos zonas con caracteres hidráulicos diferentes, integradas por varias franjas o fajas. La zona más somera se denomina de aireación o zona no saturada y la más profunda de saturación o zona saturada.

- **Zona no saturada:** Es la situada entre la superficie del terreno y la superficie freática y sus poros y/o fisuras están ocupados por agua y aire (Figura. 01). Esta zona se divide en:

a. Zona de evapotranspiración o zona edáfica:

Se extiende hasta donde llegan las raíces de la vegetación existente; por lo tiene espesor variable y se caracteriza por ser la sección donde los procesos físicos químicos y biológicos, son más intensos y variados. La existencia de abundante materia orgánica (horizonte A del suelo) y la fuerte actividad biológica vegetal y de microorganismos, que genera una alta producción de CO2, hacen que la faja edáfica actúe como un eficiente filtro natural frente a numerosos contaminantes (metales, plaguicidas, etc).

b. Zona intermedia:

Está comprendida entre el límite de ascenso capilar del agua y el límite de alcance de las raíces de las plantas.

c. Zona capilar:

Se encuentra desde la superficie freática hasta el límite de ascenso capilar del agua.

Su espesor depende principalmente de la distribución del tamaño de los poros yde la homogeneidad del terreno.

- **Zona saturada:** Está situada debajo de la superficie freática y donde todos los poros existentes en el terreno están llenos de agua.

Calidad del agua: propiedades físicas, químicas, biológicas y organolépticas del agua, condición general que permite que el agua se emplee para usos concretos. La calidad del agua está determinada por la hidrología, la fisicoquímica y la biología de la masa de agua a que se refiera, (Guía turística de chinchón).

Coliformes fecales: Son microorganismos con una estructura parecida a una bacteria común que se llama Escherichia Coli y se transmite por medio de los excrementos. La Escherichia Coli es una bacteria que se encuentra normalmente en el intestino del hombre y en el de otros animales, (Semarnat).

Contaminación del agua: vertidos, derrames, desechos y depósitos directos o indirectos de toda clase de materiales y, más generalmente, todo hecho susceptible de provocar un incremento de la degradación de las aguas, modificando sus características físicas, químicas o bacteriológicas, (Cidusal.es)

Espesor de la capa no saturada: Capa que tiene como límite superior el propio perfil del suelo y como límite inferior la zona saturada, (Jorge Espinoza,2001)

Homogeneidad del suelo: conjunto de elementos que componen un suelo y que son de igual condición o naturaleza, (José Espinoza, 2001).

Lixiviados: Se trata de materia sólida descompuesta y microbios, incluidas las bacterias causantes de enfermedades. Todos los vertederos donde los residuos son depositados con un alto contenido en materia orgánica, tienen una producción de aguas residuales, llamados lixiviados. Los lixiviados, provenientes de vertederos, tienen normalmente una contaminación orgánica muy alta, (Vertedero No, 2007)

Nivel de la napa freática: distancia entre el perfil del suelo y el nivel más superficial a que llegan las aguas subterráneas solo por acción de la gravedad, (José Espinoza, 2001)

Putrescina y cadaverina: complejos químicos provenientes, entre otros orígenes, de la descomposición de cadáveres y en los que predominan los compuestos nitrogenados.

- La cadaverina es un compuesto mal oliente que recibió su nombre porque se descubrió por primera vez en cadáveres. Efectivamente, cuando un animal muere, las substancias que lo componen se deben descomponer para integrarse al suelo y la descomposición parcial de las proteínas en los cadáveres (y en general en tejidos animales) produce, entre otros compuestos, cadaverina y putrescina. La cadaverina también se produce por la descomposición de alimentos en los intestinos y es parcialmente responsable del olor de las heces, la orina, el semen y el mal aliento bucal. A pesar de su origen fúnebre, la cadaverina tiene importantes funciones en los animales y las plantas y se produce en

pequeñas cantidades en organismos vivos. Efectivamente, junto con otras aminas biogénicas, la cadaverina regula la división celular, actúa como neurotransmisor en el cerebro y regula la generación de nuevas vellosidades intestinales, entre otras funciones.

- La cadaverina se puede encontrar en cualquier alimento, ya sea animal o vegetal, y esto se debe a dos factores, la presencia de bacterias que contengan enzimas capaces de hidrolizar proteínas y a que el alimento tenga una elevada carga proteica. De hecho la medición de cadaverina y de otras aminas biogénicas se ha propuesto como un indicador de calidad e inocuidad alimentaria. Algunos alimentos conocidos por contener cadaverina son queso (sobre todo quesos añejados), vino, embutidos, frutas y verduras, carne, frutos secos, chocolate y productos marinos, entre otros. Algunos procesos tecnológicos como la fermentación, salado y marinado pueden incrementar la posibilidad de formación de aminas biogénicas en alimentos.
- A pesar de sus funciones biológicas, la cadaverina es tóxica en concentraciones elevadas y la presencia de aminas biogénicas en alimentos puede causar reacciones alérgicas caracterizadas por dificultad para respirar, comezón, vómito, fiebre e hipertensión. Además, la cadaverina puede reaccionar con nitritos, usados como conservadores de alimentos, para formar nitrosaminas, compuestos conocidos por sus efectos cancerígenos. Normalmente nuestro organismo tiene mecanismos para eliminar el exceso de cadaverina y de otras aminas biogenas, pero en algunos casos como cuando se toman ciertos medicamentos para la depresión y la enfermedad de Parkinsons esos mecanismos se inhiben y los niveles de aminas en el organismo pueden incrementar causando toxicidad, (Martha Uribe, 2013).
- En los seres superiores las principales poliaminas son la putrescina, convertible en espermidina y esta a su vez, en espermina. En el proceso de descomposición de la L-arginina, dependiendo del proceso metabólico que se presente, existen productos intermedios,

pero el producto final siempre será la putrescina, quien no sufre ningún grado de descomposición posterior. La putrescina también se puede encontrar con frecuencia en alimentos fermentados como vino, queso, salchichas y otros productos. Si bien se considera que la putrescina es benéfica en pequeñas concentracioes, se ha demostrado en ratas de laboratorio que esta diamina, en concentraciones de 2.0 mg/kg de peso corporal, presenta toxicidad oral aguda, (Miguel Rea, 2013)

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.

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.

Perforados o tubulares: Son los pozos más utilizados para captación de agua subterránea, se los conoce también como pozos semi surgentes. Son generalmente de diámetro reducido de 6 a 12 pulgadas de diámetro, su construcción se realiza mediante el empleo de máquinas perforadoras con diferente sistema de acuerdo al material del acuífero a atravesar.

Perfil de suelo: El perfil del suelo es Heterogéneo y está formado por depósito de origen cuaternario, compuesto por suelo fino sobre granulares gruesos con una capa de Relleno no controlado Superficial.

CAPITULO III
METODOLOGÍA

3.1. METODO DE LA INVESTIGACIÓN

Según el análisis y alcance de los resultados el tipo de la investigación es experimental porque se determinará en que puntos del área en estudio, y se analizará con que elementos, se está contaminando las aguas subterráneas en los alrededores del cementerio general de Pucallpa, y es de nivel explicativo ya que sabremos porque y cuáles son las causas del fenómeno.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

La población está conformada por la totalidad del área de influencia directa por donde son captadas las aguas subterráneas por pozos tubulares cercanos al Cementerio General de Pucallpa.

3.2.2. Muestra

Las muestras inicialmente consideradas y analizadas constituyeron la línea de base que permitió determinar la densidad de muestras a tomar en este proyecto, la red de muestras a usar y el tipo de muestras que se van a tomar.

Para las muestras se tomaron como referencias tres criterios de ubicación de pozos:

1. En los pozos tubular de agua que se encuentran dentro de los alrededores del cementerio general de Pucallpa.
2. En el pozo tubular de agua ubicado dentro del área de influencia del camposanto.
3. En el pozo tubular de agua que se encuentra lejano al área de influencia del campo santo.
4. En una calicata dentro del Cementerio General de Pucallpa.

En cada punto de muestreo (lugar donde se encuentre el pozo tubular de agua) sé realizó 02 análisis fisicoquímicos y microbiológicos, con el fin de obtener la confiabilidad y sustentabilidad estadística.

3.3. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El procedimiento de 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 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.

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 y se procedió a insertar las coordenadas en el Google Earth, con un ordenador conectado al internet.

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 termo tolerantes, Bacterias Heterotróficas, turbiedad, color, olor, sabor, pH, cloro residual y pH, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales, alcalinidad, dureza, cloruro, salinidad, nitrato, nitrito y sulfato.

3.3.3. Lugar de análisis de muestras

El análisis de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos se efectuó en el laboratorio con los equipos proporcionados por la Empresa Municipal de Agua potable y Alcantarillado de Coronel Portillo (EMAPACOP S.A.)

3.3.4. Método de muestreo

El método empleado fue el Muestreo manual, este método se realiza cuando se tienen sitios de fácil acceso. La ventaja de este tipo de muestreo es permitir al encargado de tomar la muestra, observar los cambios en las características del agua.

El muestreo manual sólo es aceptable para los criterios de control y vigilancia, si la muestra es representativa de la calidad del agua del sitio de muestreo particular, motivo por el cual se requiere establecer que la información obtenida de estas muestras puntuales tomadas en un sitio y tiempo dados, es única para ese lugar y tiempo seleccionado.

Las muestras de agua para los análisis físico-químicos y bactereológicos serán colectadas en frascos de vidrio de 1 L, luego serán llevadas al laboratorio de EMAPACOP S.A para su inmediato análisis.

Las muestras de suelo para los análisis granulométricos serán colectadas en bolsas plásticas herméticas de ½ kilo.

3.3.4.1. Técnicas de laboratorio

a) <u>Para la calidad de Agua.</u>

Se aplicara la metodología empleada será la que se indica en la NTP 214.005 y la NTP ISO 5667-3, el cual indica lo siguiente:

1. **Limpieza del Grifo**

✓ Sacar del grifo todos los dispositivos que puedan producir salpicaduras

2. **Apertura del Grifo**

✓ Abrir cuidadosamente el grifo y dejar correr el agua en forma moderada durante 2 a 3 minutos.

✓ Realice al análisis de cloro residual como se explicó párrafos arriba.

3. Toma de muestra

- ✓ Se realiza en frascos estériles los cuales se pueden almacenar por solo 1 mes.
- ✓ Se usan frascos con Tiosulfato para muestras con cloro residual (0.25 ml de TS al 3% para 250 ml).
- ✓ Cerrar un poco el grifo.
- ✓ Destapar el frasco teniendo cuidado de no tocar la boca del frasco ni la tapa.
- ✓ Sostener la tapa de tal forma que no haya contaminación del mismo.
- ✓ Se acerca el frasco al chorro de agua sin pérdida de tiempo
- ✓ Dejar un espacio de aire en el frasco para facilitar la agitación en el momento del análisis.
- ✓ Si la limpieza parece insuficiente, se puede aplicar Hipoclorito de Sodio (100 mg. para 1 litro) a la boca del grifo o flamear el mismo.
- ✓ Se coloca la tapa con el papel kraft protector y el pabilo.

b) Para las muestras de suelo

Se realizó una clasificación de campo de forma manual y visual de cada uno de los estratos registrados en cada calicata, tal como se puede observar en las fotos que se adjuntan en los anexos respectivamente.

En la calicata excavada se realizó el muestreo de los diferentes horizontes estratigráficos y su correspondiente descripción, teniendo en cuenta, presencia del nivel freático.

Con los análisis granulométricos se han obtenido los perfiles estratigráficos que acompañan el presente estudio:

Análisis granulométricos por Tamizado ASTM D-422: Este ensayo realizado utilizando mallas de acuerdo a las normas ASTM.

3.3.4.2. Análisis de parámetros físicos, químicos y bactereológicos.

- ➢ **Calibración del equipo**

  Antes de iniciar los análisis físicos, químicos y bactereológicos el laboratorio de la EMAPACOP S.A procedió a calibrar cada instrumento de medición de acuerdo al manual del usuario.

➢ **Análisis físicos- químico.**

Con los equipos previamente calibrados se llevara a cabo la toma de los siguientes datos:

- Temperatura
- Conductividad eléctrica
- pH
- Turbiedad
- Color
- Olor
- Sabor
- pH
- Sólidos disueltos totales
- Alcalinidad
- Dureza
- Cloruro
- Salinidad
- Nitrato
- Nitrito
- Sulfato.

Tabla 6. Método de laboratorio para análisis físico-químico

Parámetros	Métodos	NTP
Sólidos totales disueltos	Nefelométrico	-

Fuente. Reglamento de la calidad de agua para consumo humano.

➢ **Análisis bactereológicos**

El laboratorio de la EMAPACOP S.A utilizó los métodos que se menciona a continuación:

Tabla 7. Método de laboratorio para análisis microbiológico.

Parámetros	Métodos	NTP
Coliformes Totales	Filtración por membrana	NTP 214.031
Coliformes Termotolerantes	Filtración por membrana	NTP 214.032
Bacterias Heterotróficas	Conteo directo	-----

Fuente. Reglamento de la calidad de agua para consumo humano.

➢ Análisis Granulométrico

En el laboratorio de suelo de la Universidad Nacional de Ucayali, se utilizó el método del tamizado y sedimentación para determinar el tamaño de partículas que se menciona a continuación:

Tabla 8. Tamaño de partículas.

Fracciones de suelo	Subdivisiones	Tamaño de partículas
Suelo muy grueso	Grandes piedras	>630
	Piedras	630-200
	Guijarros	200-63
Suelo grueso	Grava	63-2.0
	Grava gruesa	63-20
	Grava media	20-6.3
	Grava fina	6.3-2.0
	Arena	2.0-0.063
	Arena gruesa	2.0-0.63
	Arena media	0.63-0.20
	Arena fina	0.2-0.063
Suelos finos	Limos	0.063-0.002
	Limos gruesos	0.063-0.020
	Limos medios	0.020-0.0063
	Limo finos	0.0063-0.002
	Arcillas	<0.002

Fuente: UP – TELESUP
(http://es.slideshare.net/freddyramirofloresvega/granulometria-en-los-suelos).
Facultad de ingeniería y Arquitectura-Mecánica de suelos.

➢ 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 – Químico:**

  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 EMAPACOP S.A para su inmediato análisis.

- **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 EMAPACOP S.A para su inmediato análisis.

- **Análisis granulométrico**:

  Antes de ir al campo se verificó la cantidad de bolsas para el muestreo. En el momento de la colocación de la muestra de suelo se rotulará cada bolsa con la información básica registrada del etiquetado es principalmente: punto de muestreo, hora de muestreo, fecha, nombre del muestreador, tipo de análisis a realizar. Las muestras de suelo para los análisis granulométricos fueron llevadas al laboratorio de suelo de la UNU para su inmediato análisis.

3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCION DE DATOS

3.4.1. 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.
  - Cocina
  - Bomba de vacío.
  - Baño María.
  - Refrigeradora
  - Autoclave
  - Bureta.
  - Erlenmeyer
  - Probeta
  - Vasos de precipitación.
  - Fiola.
  - Pipeta
  - Placas petri.
  - Insumos de laboratorio: AGAR plate count, AGAR MFC, DPD en polvo para cloro libre, HCl, reactivo para Hierro.
  - pH metro
  - Turbidímetro digital portátil
  - Conductímetro portátiles digital

- Colorímetro portátil digital

- Muestreadores: Frascos de vidrio de 250 ml con la tapa rosca, esterilizables; y frascos de plástico de 1 litro, con tapa rosca o hermética.
- Materiales para la toma de muestra de suelo.
  - Bolsas de ½ Kg.
  - Plumón marcador
  - 01 Palas plana

3.4.2. Herramientas

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

3.4.3. Programas (Software)

- Google Earth
- Microsoft Excel
- Microsoft Word
- Excel

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Análisis de Calidad Aguas Subterráneas

Tabla 9. Resultados de los análisis físicos-químicos y bacteriológicos de los pozos muestreados (primera repetición "R1")

Parámetro	Unidad	Pozo Tubular Manantial	Pozo Tubular Cementerio	Pozo Tubular Jr. Vargas Guerra	Pozo Tubular Pablito	Pozo Tubular Colegio	Muestra alejada AA.HH Nvo Bolognesi	LMP
Coliformes totales	UFC/100 mL a 35° C	0	0	22	0	0	0	< 1,8/100 ml
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL a 44,5° C	0	0	35	0	0	0	< 1,8/100 ml
Bacterias Heterotróficos	UFC/mL a 35°C	0	2240	144	1	248	0	500
Conductividad	µ S/ cm	238.5	93.2	318.2	150.2	253.6	102	1500
Solidos Disueltos Totales	mg/L	164.6	64.3	219.6	103.6	174.9	71	1000
pH	Valor de pH	7.31	6.73	7.75	6.83	7.57	7.07	6.5-8.5
Temperatura	°C	31	31	31	31	31	30	ND
Alcalinidad	Mg/L $CaCO_3$	52	56	60	44	60	16	250
Dureza	Mg/L $CaCO_3$	100	80	260	72	140	15	500
Cloruro	Mg/L Cl	17	17	15	12.5	17	5	250
Salinidad	ppt	0.1	0	0.2	0.1	0.1	0	300
Nitrato	Mg/L NO^-_3	1	1	1	1	1	0	50
Nitrito	Mg/L NO^-_2	0	0	0	0	0	0	3
Sulfato	Mg/L $SO4^=$	1	3	7	6	8	0	250

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

Anexo I y II.

Tabla 10. Resultados de los análisis físicos-químicos y bacteriológicos de los pozos muestreados (segunda repetición "R2")

Parámetro	Unidad	Pozo Tubular Manantial	Pozo Tubular Cementerio	Pozo Tubular Jr Vargas Guerra	Pozo Tubular Pablito	Pozo Tubular Colegio	Muestra alejada AA.HH Nvo Bolognesi	LMP
Coliformes totales	UFC/100 mL a 35° C	0	0	14	0	0	<1	< 1,8/100 ml
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL a 44,5° C	0	0	22	0	0	<1	< 1,8/100 ml
Bacterias Heterotróficos	UFC/mL a 35°C	0	2100	153	1	149	0	500
Conductvidad	µ S/ cm	223.4	94	312.1	275.6	242.3	134	1500
Solidos Disueltos Totales	mg/L	154.2	64.9	215.5	190	166.2	93	1000
pH	Valor de Ph	6.85	6.2	7.12	7.17	7.17	7.73	6.5-8.5
Temperatura	°C	31.3	31.3	31.3	31.3	31.3	30.5	ND
Alcalinidad	Mg/L $CaCO_3$	0	0	0	0	0	0	250
Dureza	Mg/L $CaCO_3$	88	72	132	84	104	82	500
Cloruro	Mg/L Cl	14	17	10.5	10	11	15	250
Salinidad	ppt	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0	300
Nitrato	Mg/L NO^-_3	1	1	1	1	1	0	50
Nitrito	Mg/L NO^-_2	0	0	0	0	0	0	3
Sulfato	Mg/L $SO4^=$	0	2	8	7	7	0	0.25

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

Anexo I y II.

4.1.1.1. RESULTADOS BACTEREOLOGICOS

Primera repetición (R1):

Coliformes Totales, Termo tolerantes y Bacterias Heterotróficas

En la figura 5 nos muestra que el pozo tubular Vargas Guerra tiene en Coliformes Totales de 22 UFC/100mL a 35°C a comparación de los demás pozos tubulares el cual no se encontró presencia de Coliformes Totales

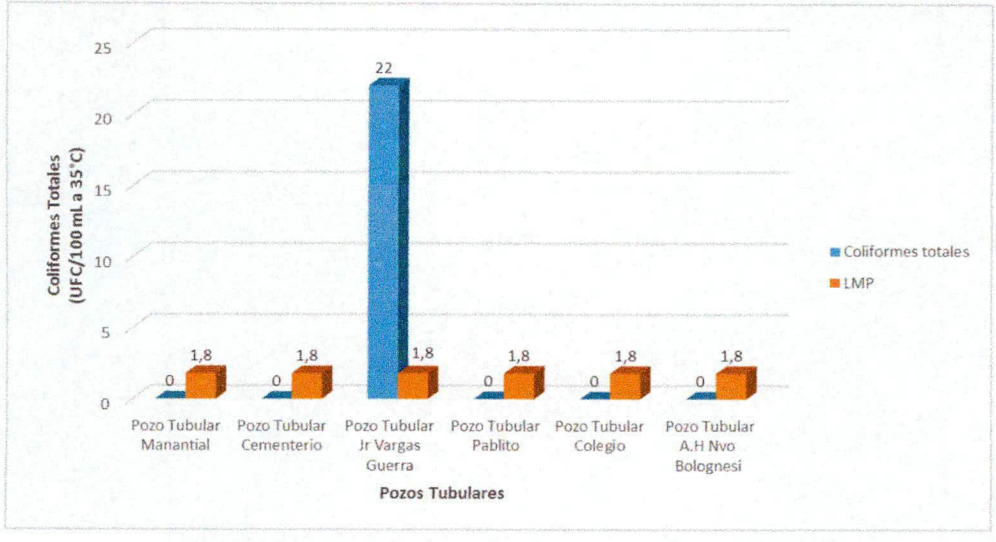


Figura 5. Determinación de Coliformes totales en R1

En la figura 6 nos muestra que el pozo tubular Vargas Guerra tiene en Coliformes Termotolerantes de 35 UFC/100mL a 44.5°C a comparación de los demás pozos tubulares el cual no se encontró presencia de Coliformes Termotolerantes.

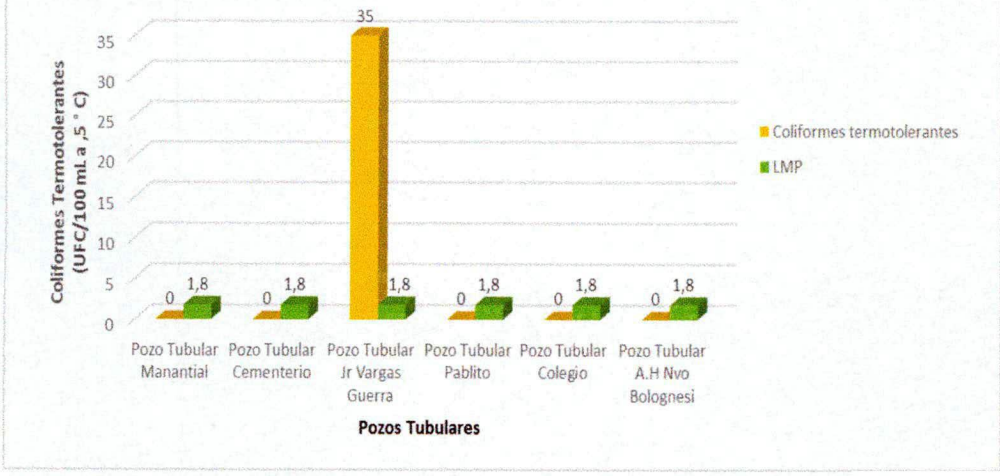


Figura 6. Determinación de Coliformes Termotolerantes en R1

En la figura 7 nos muestra que el pozo tubular Cementerio tiene en Bacterias Heterotróficas de 2240 UFC/100mL a 35°C a comparación de los demás pozos tubulares el cual no se encontró presencia de Bacterias Heterotróficas.

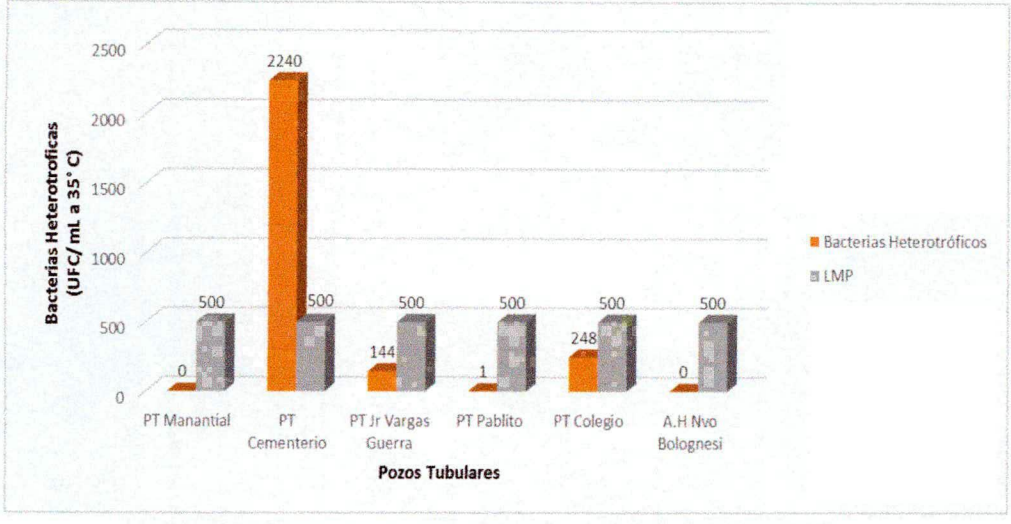


Figura 7. Determinación de bacterias Heterotróficas en R1

Segunda repetición (R2):

Coliformes Totales, Termo tolerantes y Bacterias Heterotróficas

En la figura 8 nos muestra que el pozo tubular Vargas Guerra tiene en Coliformes Totales de 14 UFC/100mL a 35°C a comparación de los demás pozos tubulares el cual no se encontró presencia de Coliformes Totales.

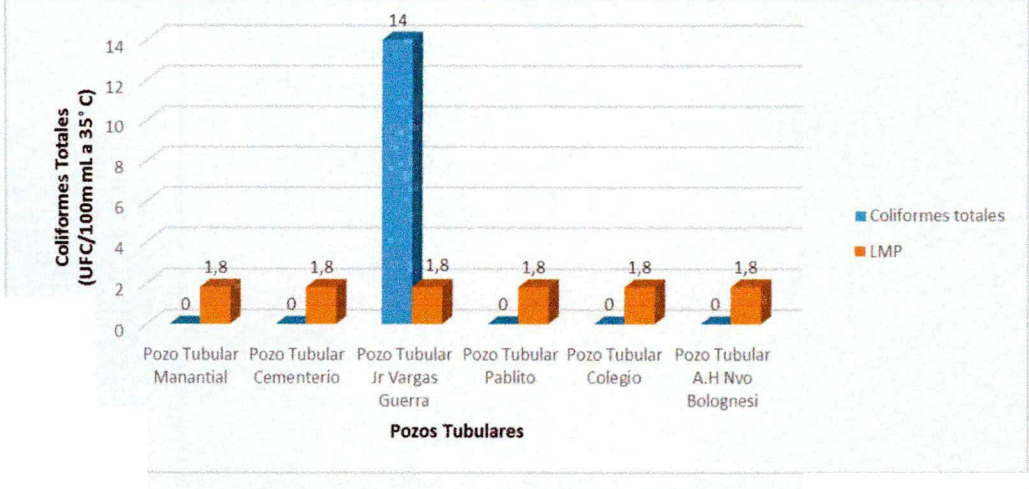


Figura 8. Determinación de Coliformes Totales en R2

En la figura 9 nos muestra que el pozo tubular Vargas Guerra tiene en Coliformes Termotolerantes de 22 UFC/100mL a 44.5°C a comparación de de los demás pozos tubulares el cual no se encontró presencia de Coliformes Termotolerantes.

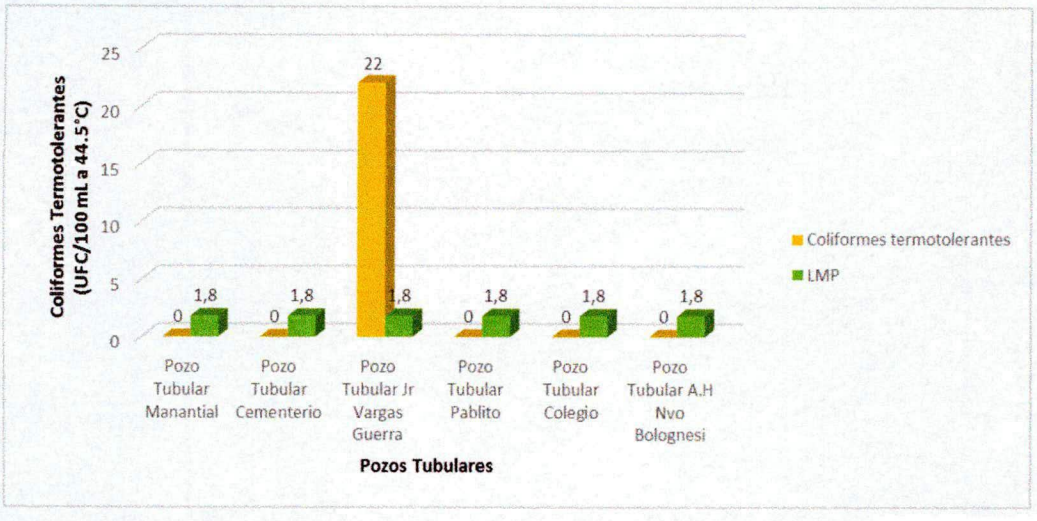


Figura 9. Determinación de Coliformes Termotolerantes en R2

En la figura 10 nos muestra que el pozo tubular Cementerio tiene en Bacterias Heterotróficas de 2100 UFC/100mL a 35°C a comparación de los demás pozos tubulares el cual no se encontró presencia de Bacterias Heterotróficas.

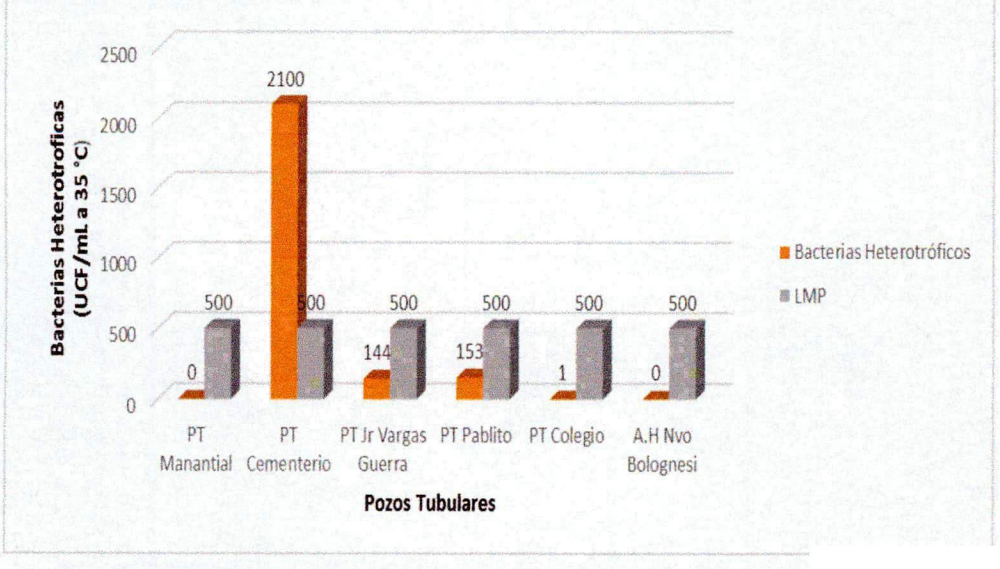


Figura 10. Determinación de Bacterias Heterotróficas en R2

4.1.1.2. RESULTADOS FISICO-QUIMICOS

Primera repetición (R1):

En la figura 11 nos muestra que el pozo tubular Vargas Guerra posee una conductividad de 318.2 µ S/ cm a comparación de los demás pozos tubulares, cabe indicar que todos los pozos tubulares se encuentran por debajo del límite permisible.

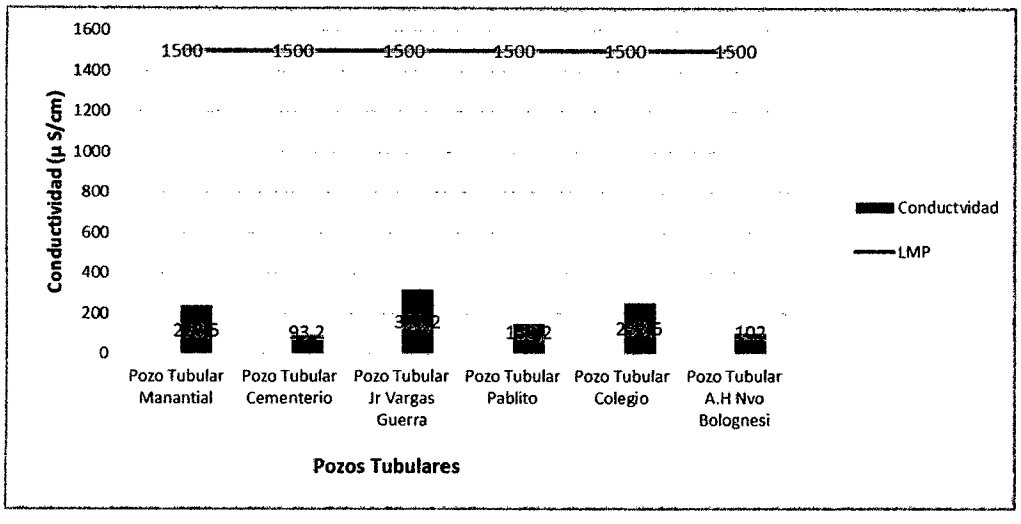


Figura 11. Determinación de Conductividad en R1

En la figura 12 nos muestra que el pozo tubular Vargas Guerra posee una concentración de 219.6 mg/L de sólidos disueltos totales a comparación de los demás pozos tubulares, cabe indicar que todos los pozos tubulares se encuentran por debajo del límite permisible.

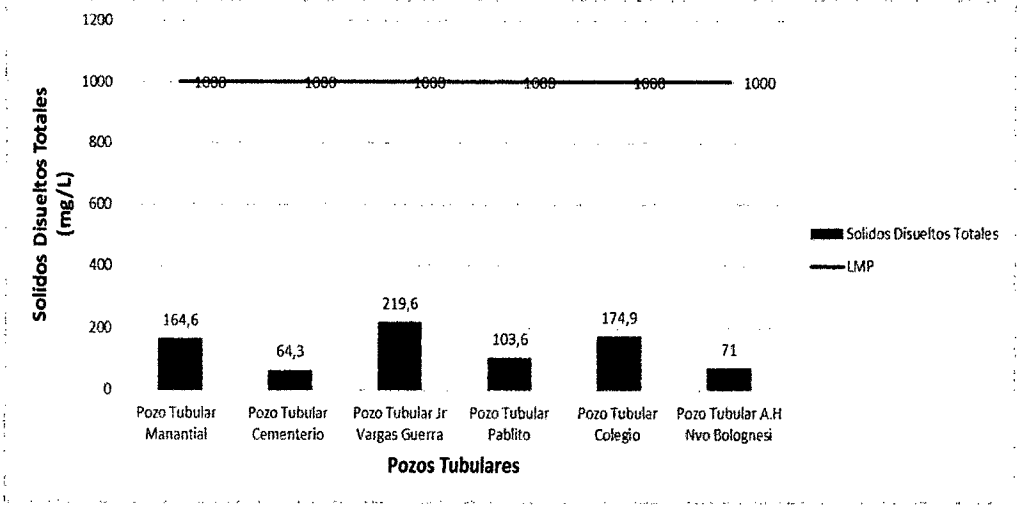


Figura 12. Determinación de Sólidos Disueltos Totales R1

En la figura 13 nos muestra que todos los pozos tubulares se encuentran dentro del límite máximo permisible de Potencial Hidrogenado.

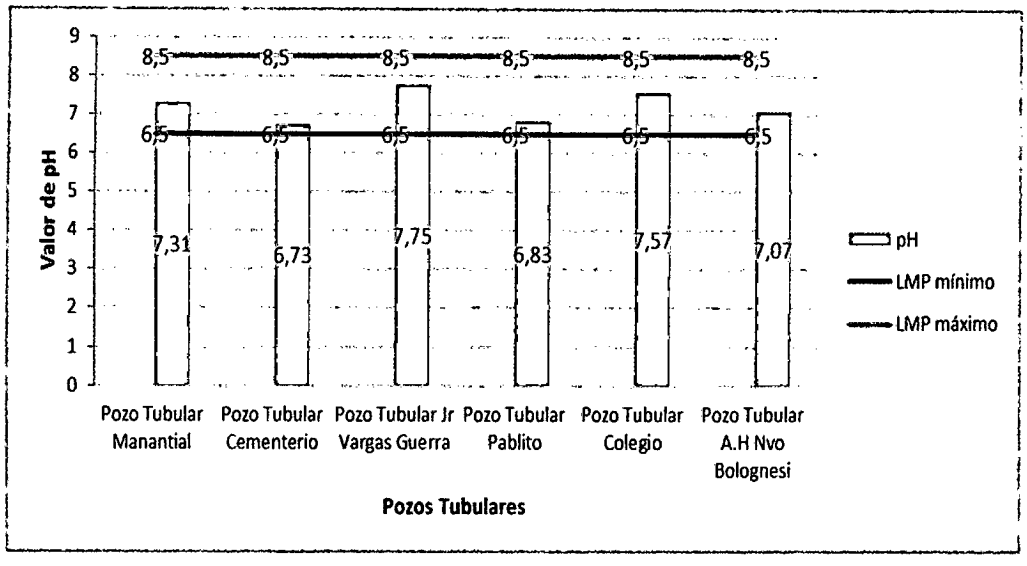


Figura 13. Determinación de pH R1

En la figura 14 nos muestra que las temperaturas de las muestras de los pozos tubulares oscilan entre los 30 y 31 °C de Temperatura.

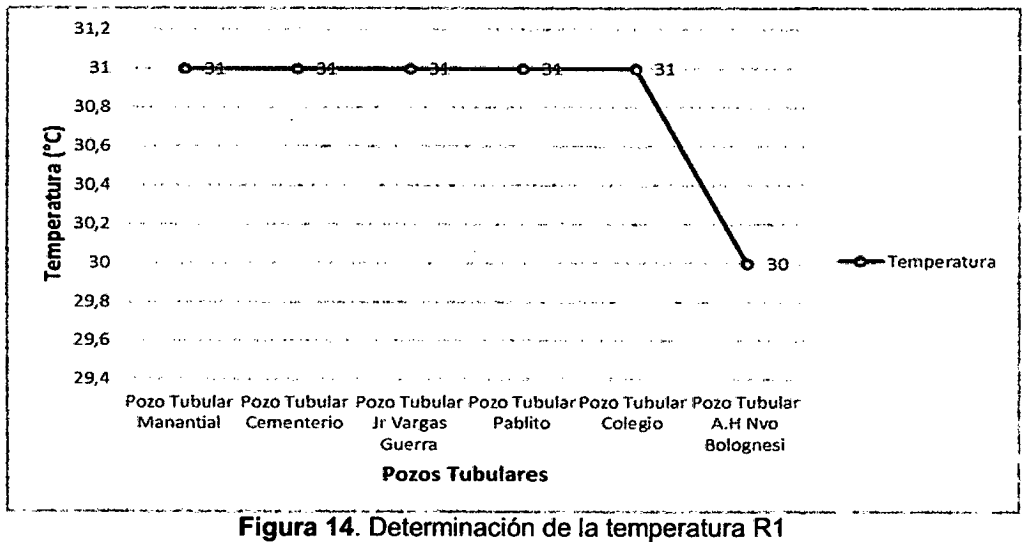


Figura 14. Determinación de la temperatura R1

En la figura 15 nos muestra que todos los pozos tubulares se encuentran por debajo del límite permisible de alcalinidad.

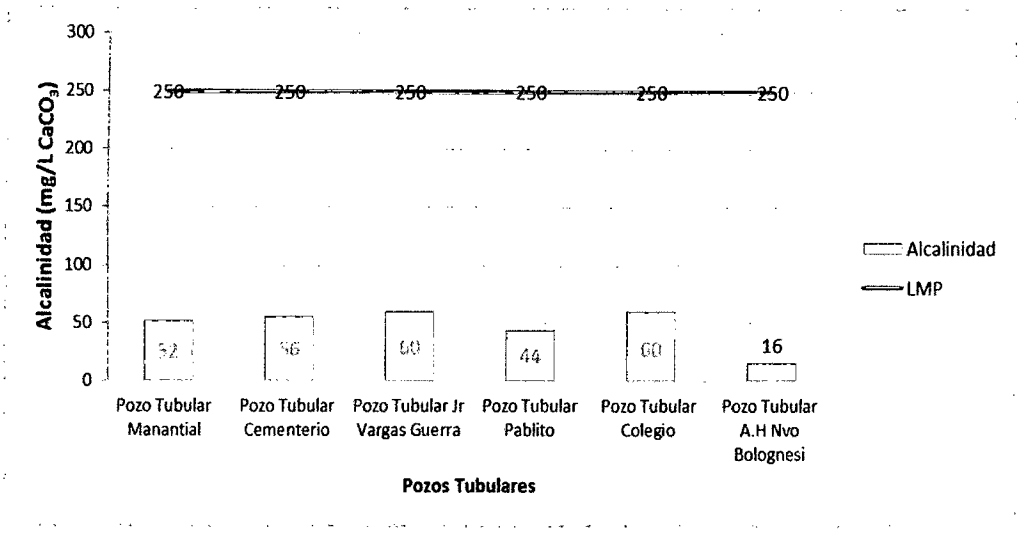


Figura 15. Determinación de alcalinidad R1

En la figura 16 nos muestra que el pozo tubular (Vargas Guerra) posee una concentración de 260 mg/L $CaCO_3$ de dureza a comparación de los demás pozos tubulares, cabe indicar que todos los pozos tubulares se encuentran por debajo del límite permisible.

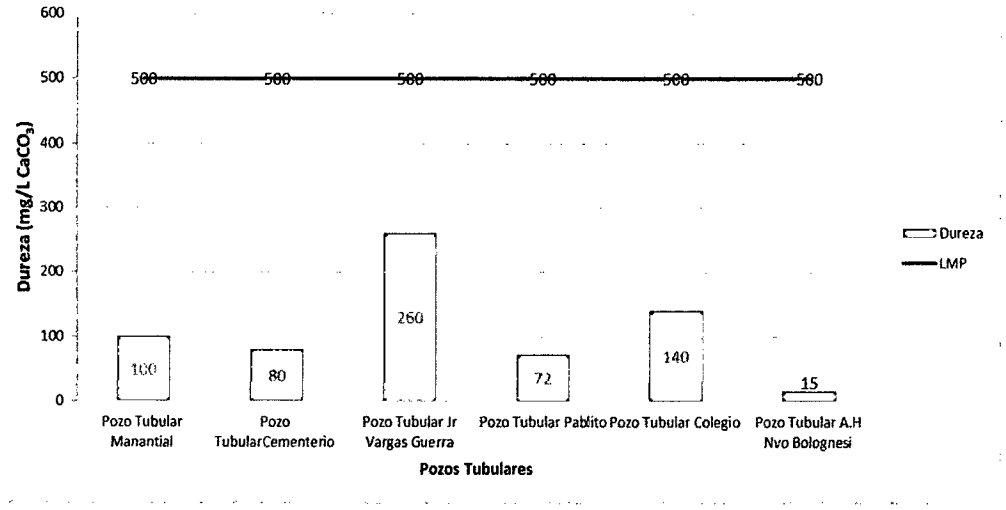


Figura 16. Determinación de dureza R1

En la figura 17 nos muestra que los pozos tubulares poseen concentraciones de cloruro menores al límite permisible.

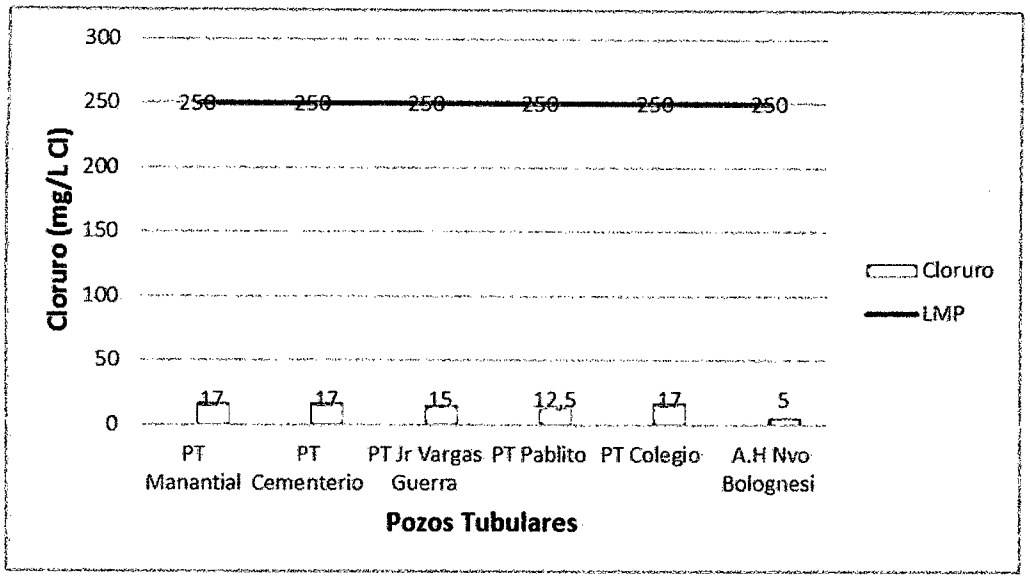


Figura 17. Determinación de Cloruro R1

En la figura 18 nos muestra que los pozos tubulares poseen concentraciones de salinidad menores al límite permisible.

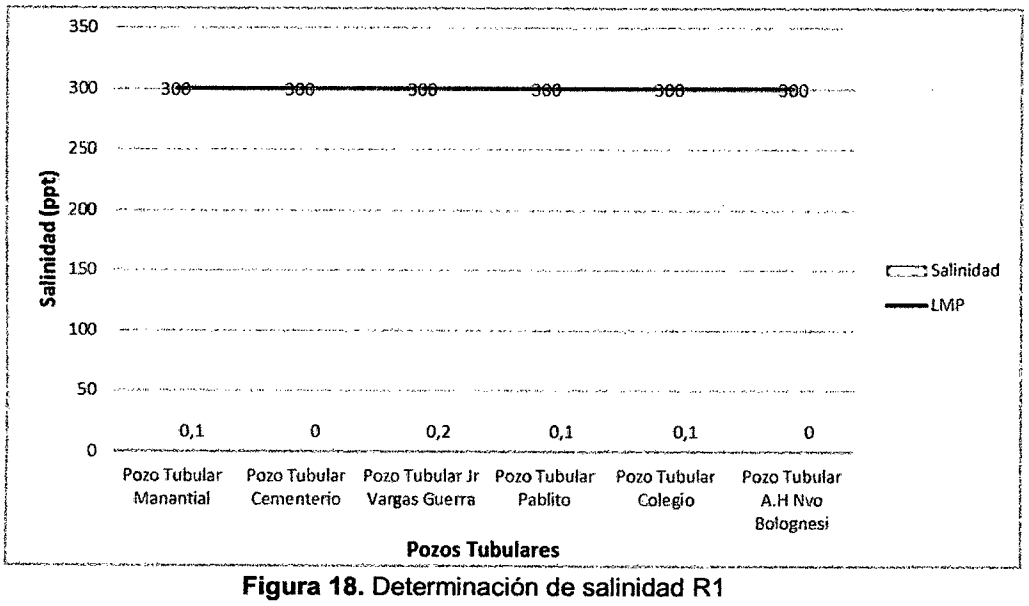


Figura 18. Determinación de salinidad R1

En la figura 19 nos muestra que los pozos tubulares poseen concentraciones de nitrato menores al límite permisible.

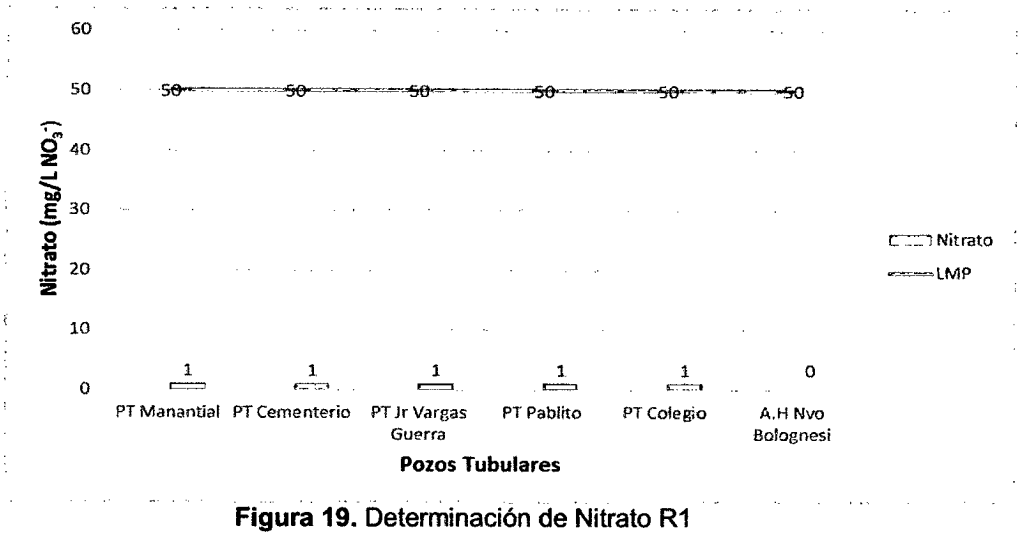


Figura 19. Determinación de Nitrato R1

En la figura 20 nos muestra que los pozos tubulares poseen concentraciones de nitrito menores al límite permisible.

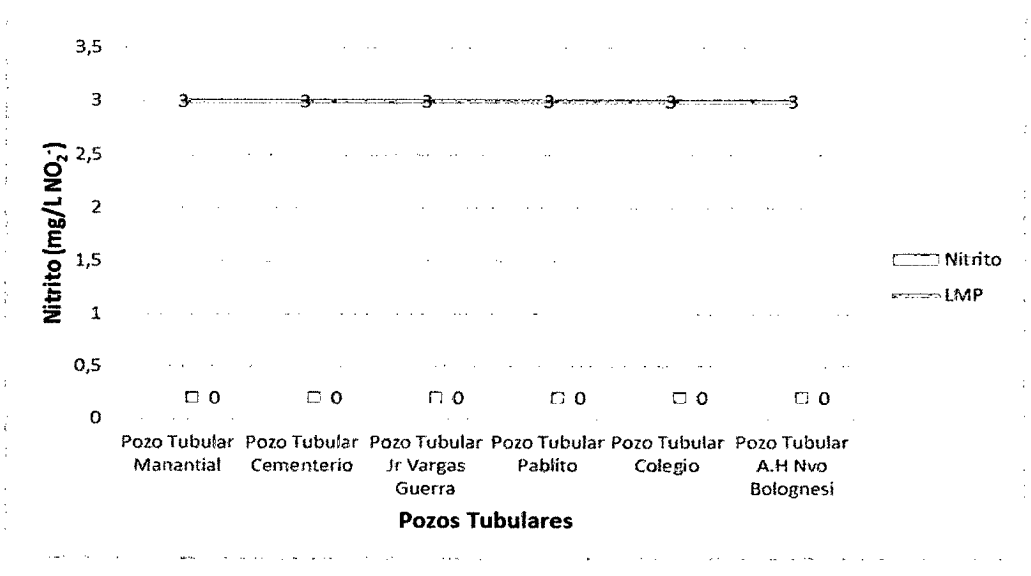


Figura 20. Determinación de nitrito R1

En la figura 21 nos muestra que los pozos tubulares poseen concentraciones de sulfato menores al límite permisible.

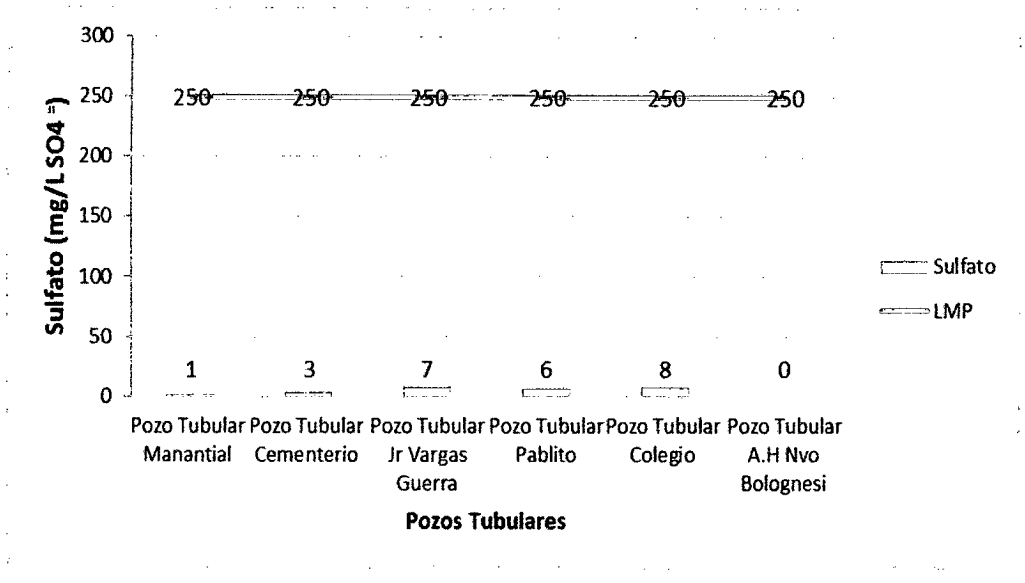


Figura 21. Determinación de sulfatos

Segunda repetición:

En la figura 22 nos muestra que el pozo tubular Vargas Guerra posee una Conductividad de 312.1 µ S/cm a comparación de los demás pozos tubulares, cabe indicar que todos los pozos tubulares se encuentran por debajo del límite permisible.

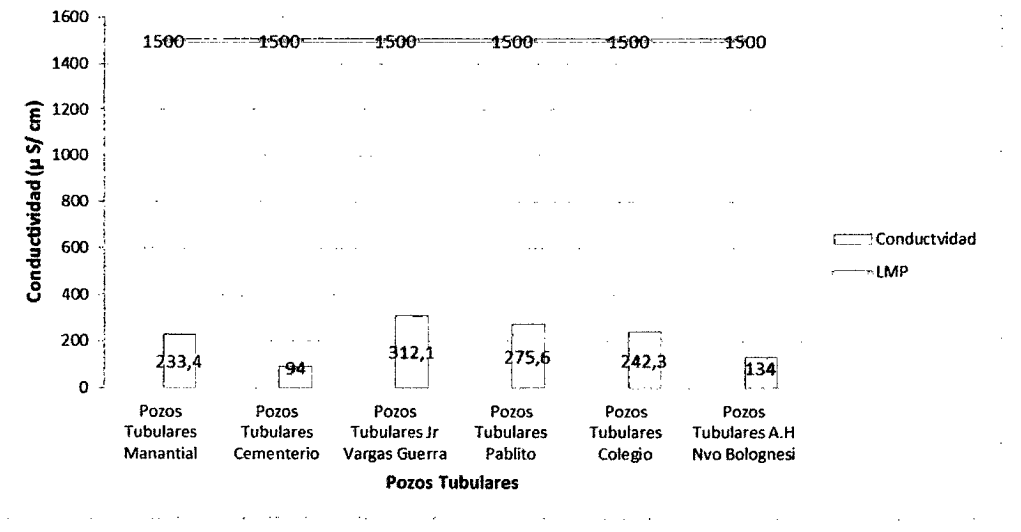


Figura 22. Determinación de Conductividad en R2

En la figura 23 nos muestra que el pozo tubular Vargas Guerra posee una concentración de 215.5 mg/L de Sólidos Disueltos Totales a comparación de los demás pozos tubulares, cabe indicar que todos los pozos tubulares se encuentran por debajo del límite permisible.

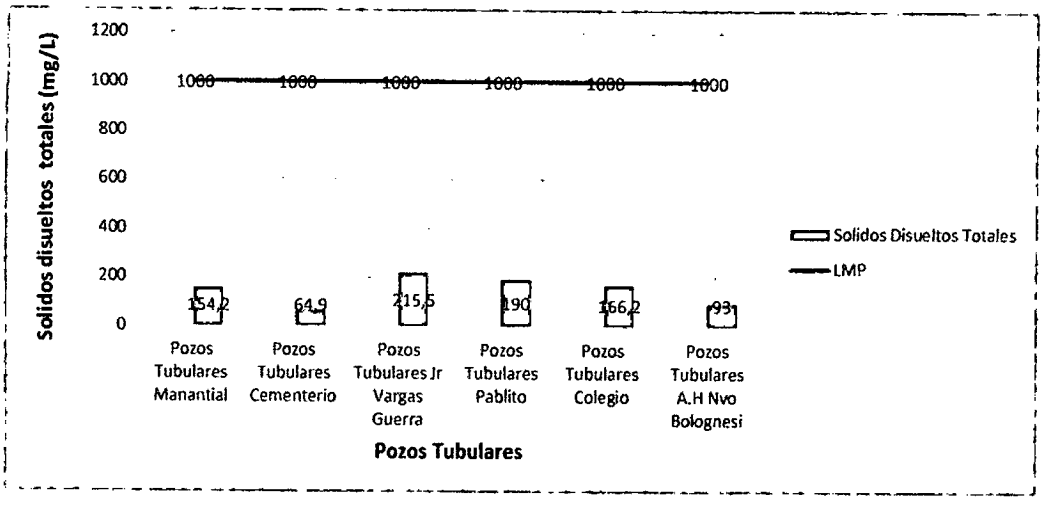


Figura 23. Determinación de Sólidos Disueltos Totales en R2

En la figura 24 nos muestra que todos los pozos tubulares se encuentran dentro del límite máximo permisible de Potencial Hidrogenado.

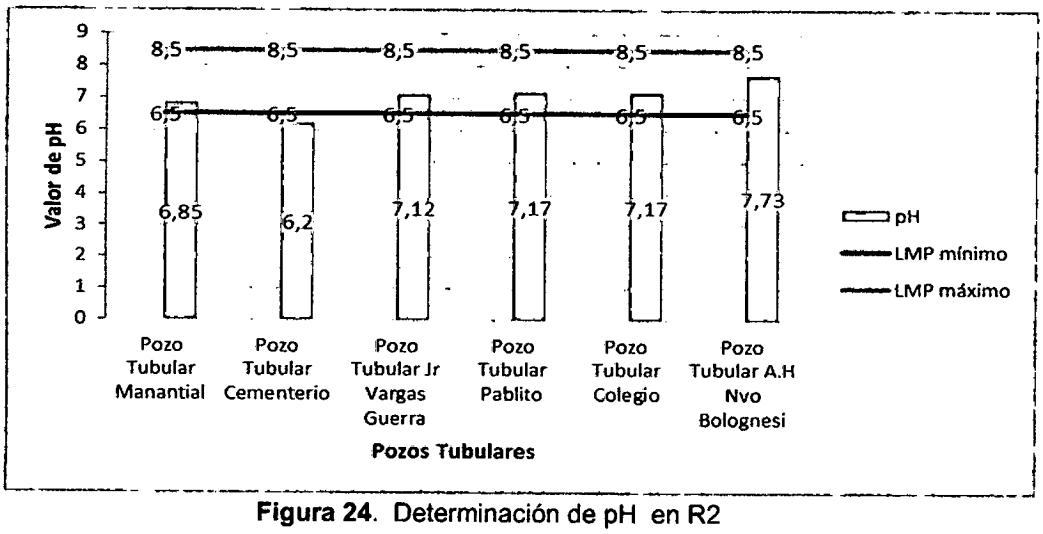


Figura 24. Determinación de pH en R2

En la figura 14 nos muestra que las temperaturas de las muestras de los pozos tubulares oscilan entre los 30 y 31 °C de Temperatura.

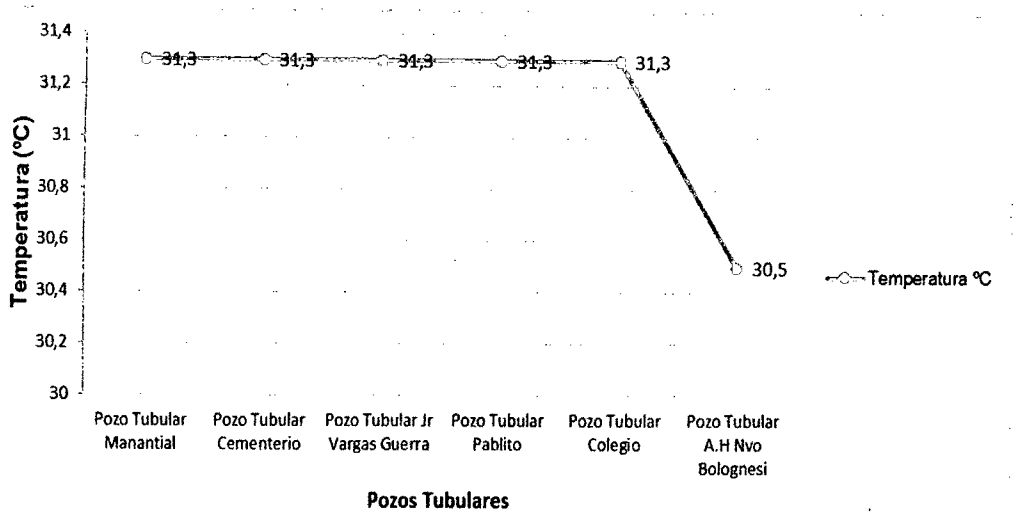


Figura 25. Determinación de Temperatura en R2

En la figura 26 nos muestra que todos los pozos tubulares se encuentran por debajo del límite permisible de Alcalinidad.

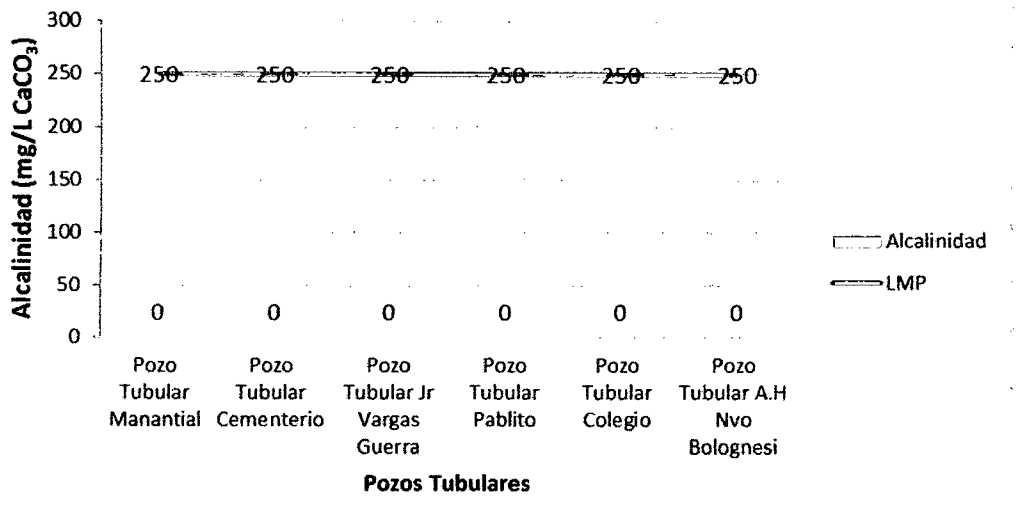


Figura 26. Determinación de Alcalinidad en R2

En la figura 27 nos muestra que el pozo tubular Vargas Guerra posee una concentración de 132 mg/L CaCO3 de Dureza a comparación de los demás pozos tubulares, cabe indicar que todos los pozos tubulares se encuentran por debajo del límite permisible.

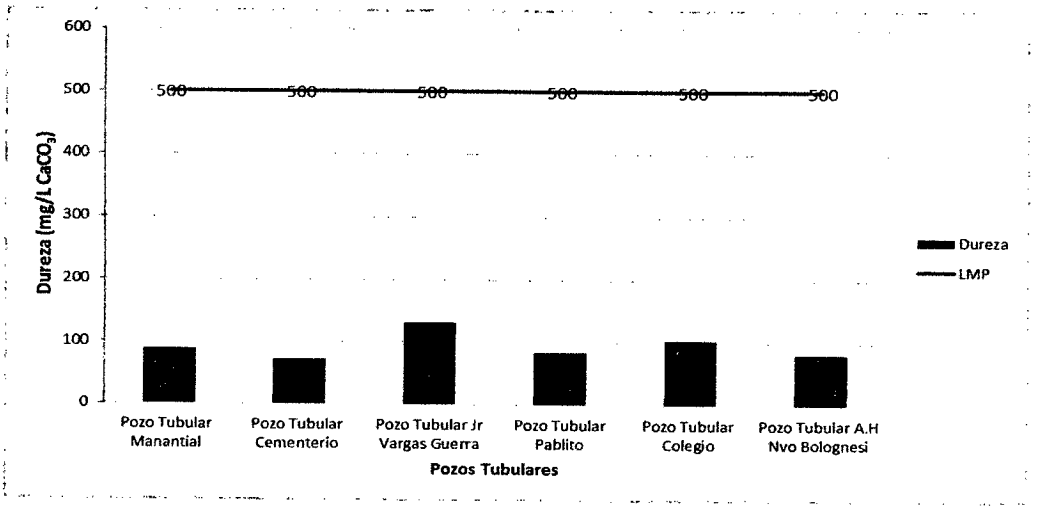


Figura 27. Determinación de Dureza en R2

En la figura 28 nos muestra que los pozos tubulares poseen concentraciones de cloruro menores al límite permisible

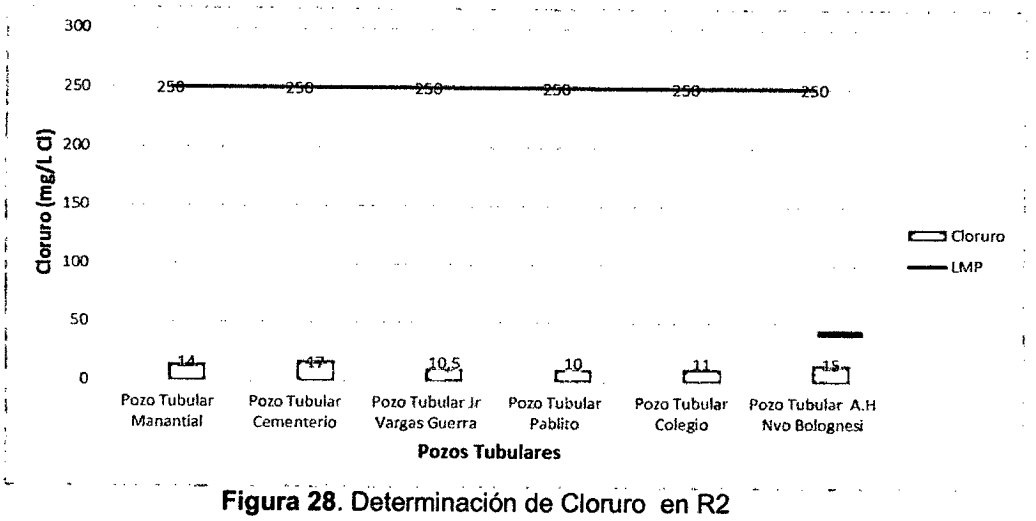


Figura 28. Determinación de Cloruro en R2

En la figura 29 nos muestra que los pozos tubulares poseen concentraciones de Salinidad menores al límite permisible

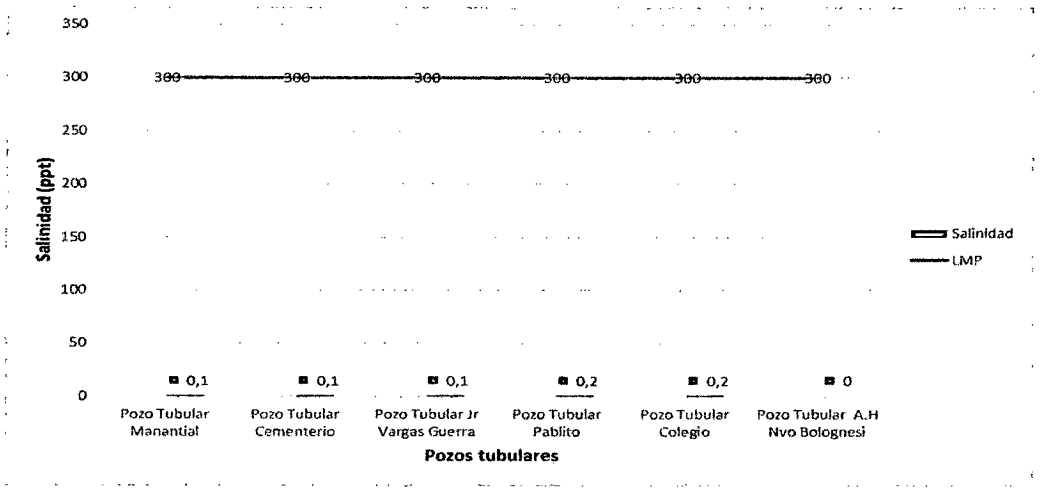


Figura 29. Determinación de Salinidad en R2

En la figura 30 nos muestra que los pozos tubulares poseen concentraciones de Nitrato menores al límite permisible.

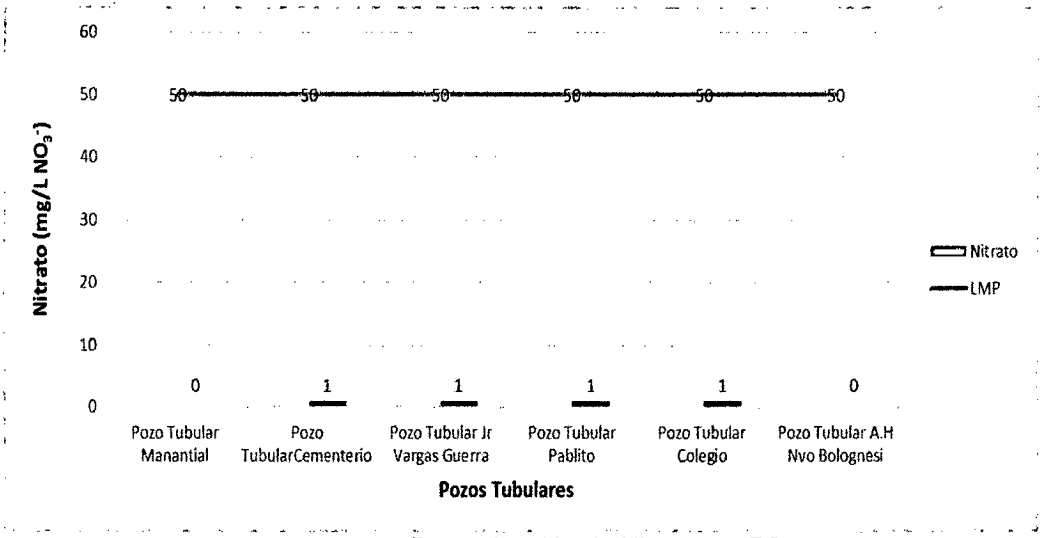


Figura 30. Determinación de Nitrato en R2

En la figura 31 nos muestra que los pozos tubulares poseen concentraciones de Nitrito menores al límite permisible.

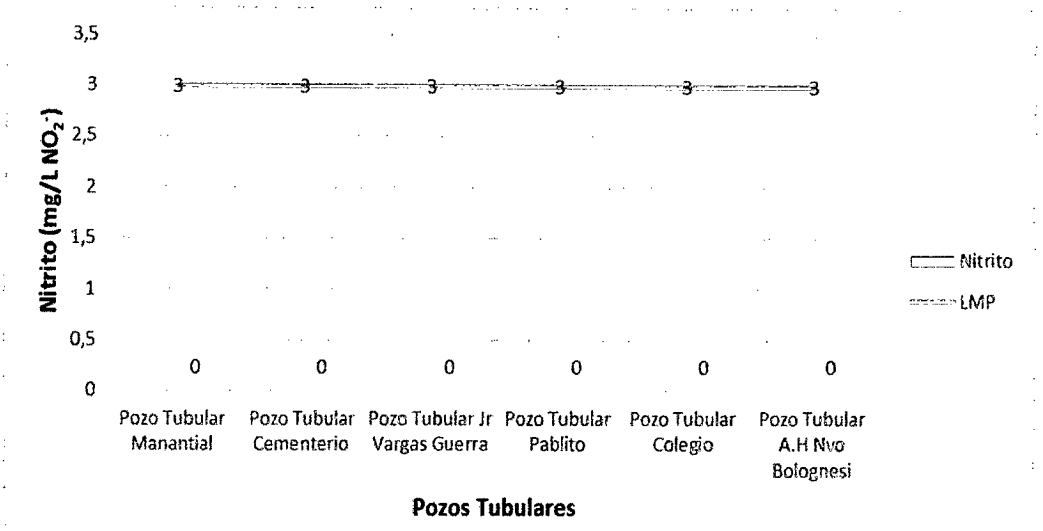


Figura 31. Determinación de Nitrito en R2

En la figura 32 nos muestra que los pozos tubulares poseen concentraciones de Sulfato menores al límite permisible.

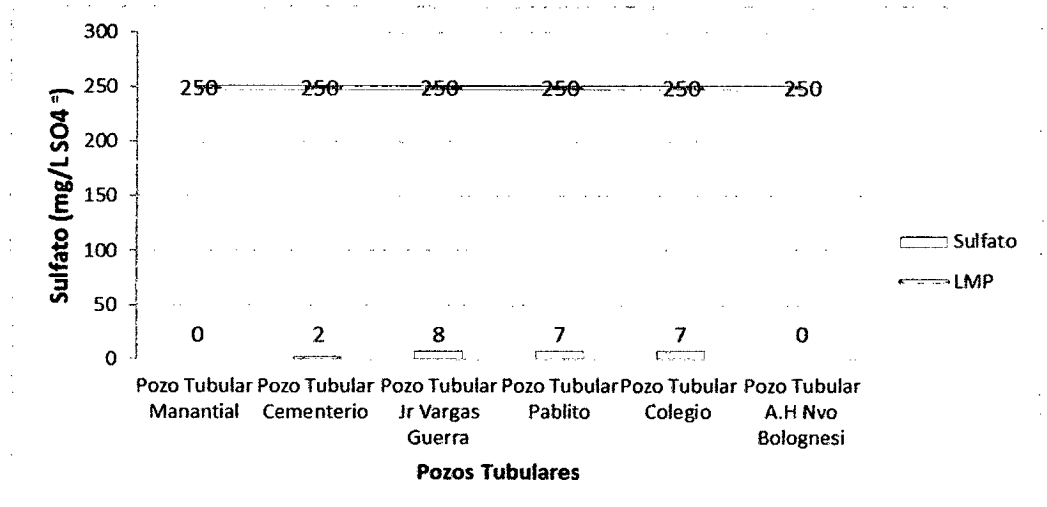


Figura 32. Determinación de Sulfato en R2

4.1.2. Perfil Estratigráfico – SUELO DE CEMENTERIO

Ubicación : Cementerio General de Pucallpa

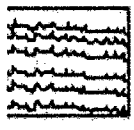
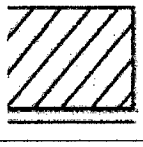
Técnica de investigación: Calicata

Largo : 2:00 mt

Ancho : 1:00 mt

Profundidad: 3:00 mt

Tabla 11. Perfil Estratigrafico

Profundidad Metros	Estrato	Descripción de la Estratigrafía	Símbolo SUCS	Grafico
0.00 a 0.07	A1	Composición turba	Pt	
0.07 a 0.25	A2	Composición de limo orgánico de baja plasticidad	ML	
0.25 a 0.90	B	Composición de arena con arcilla	SC	
0.90 a 1.40	C	Composición de arcilla de baja plasticidad	CL	
1.40 a 3.00	D	Composición de arcilla de alta plasticidad	CH	

4.1.3. Análisis granulométrico- SUELO DE CEMENTERIO

4.1.3.1. Resultado de análisis granulométrico

Perfil de Suelo A1

En la tabla 12 se puede observar el estrato A1 (0.00 a 0.07 m), el cual se tienen una composición de turba.

Tabla 12. Perfil de Suelo A1 (Muestra: 100 g.)

Número de Tamiz	Peso (gr) Retenido	Porcentaje (%) de peso retenido	Porcentaje (%) de peso que pasa
20	22.4	22.4	77.6
35	15.3	15.3	84.7
45	7.8	7.8	92.2
60	7.5	7.5	92.5
100	12.2	12.2	87.8
120	6.9	6.9	93.1
200	15.6	15.6	84.4
Cazuela	11.5	11.5	88.5

A continuación se muestra el análisis granulométricos para el A1 (0.00 a 0.07 m), teniendo como resulta mayor proporción de arena.

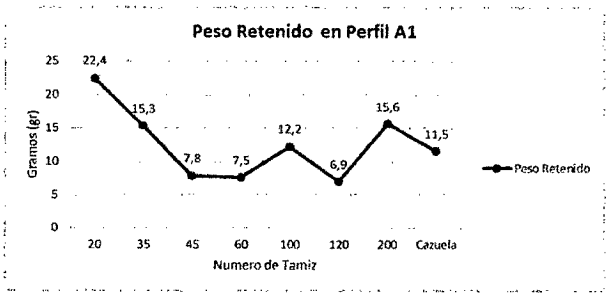


Figura 33. Peso retenido A1.

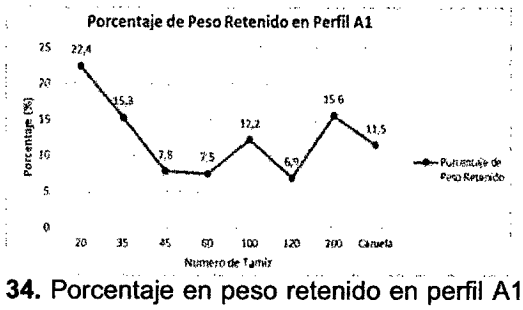


Figura 34. Porcentaje en peso retenido en perfil A1.

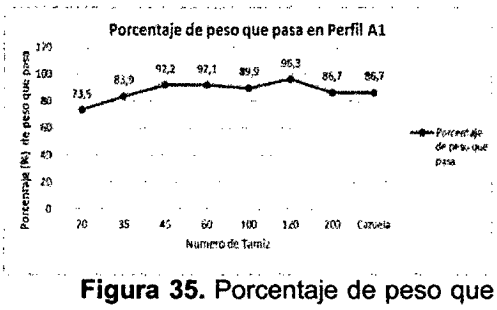


Figura 35. Porcentaje de peso que pasa en perfil A1.

Perfil de Suelo A2

En la tabla 13 se puede observar el estrato A2 (0.07 a 0.25 m), el cual se tienen una composición de limo orgánico.

Tabla 13. Perfil de Suelo A2 (Muestra: 100 g)

Número de Tamiz	Peso (gr) Retenido	Porcentaje (%) de peso retenido	Porcentaje (%) de peso que pasa
20	26.5	26.5	73.5
35	16.1	16.1	83.9
45	7.8	7.8	92.2
60	7.9	7.9	92.1
100	10.1	10.1	89.9
120	3.7	3.7	96.3
200	13.3	13.3	86.7
Cazuela	13.4	13.4	86.6

A continuación se muestra el análisis granulométricos para el A2 (0.07 a 0.25 m), teniendo como resulta mayor proporción de arena.

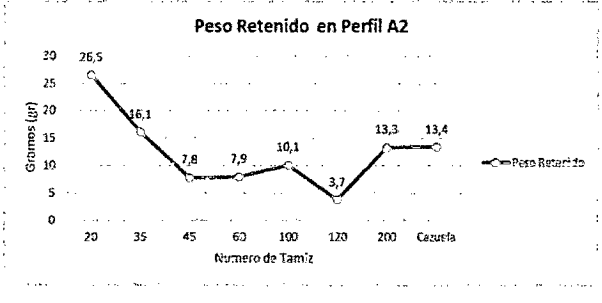


Figura 36. Peso retenido A2.

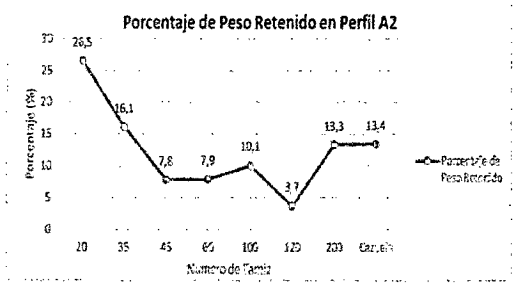


Figura 37. Porcentaje en peso retenido en perfil A2.

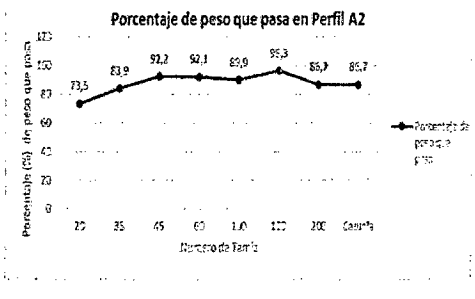


Figura 38. Porcentaje de peso que pasa en perfil A2.

Perfil de Suelo B

En la tabla 14 se puede observar el estrato B (0.25 a 0.90 m), el cual se tienen una composición de arena con arcilla.

Tabla 14. Perfil de Suelo B (Muestra: 100 g)

Número de Tamiz	Peso (gr) Retenido	Porcentaje (%) de peso retenido	Porcentaje (%) de peso que pasa
20	22.2	22.2	77.8
35	11.3	11.3	88.7
45	5.6	5.6	94.4
60	6	6	94
100	10	10	90
120	4	4	96
200	18.2	18.2	81.8
Cazuela	21.9	21.9	78.1

A continuación se muestra el análisis granulométricos para el B (0.25 a 0.90 m), teniendo como resulta mayor proporción de arena.

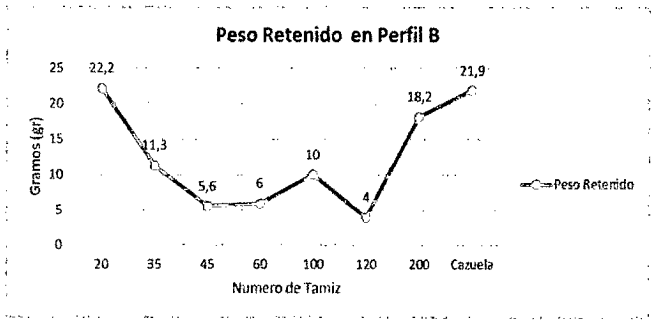


Figura 39. Peso retenido en perfil B.

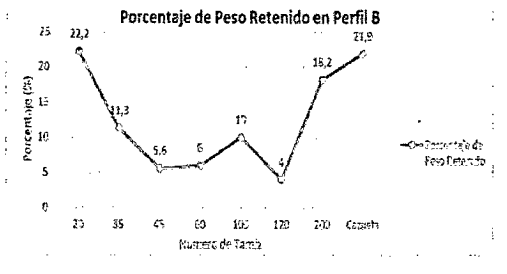


Figura 40. Porcentaje en peso retenido en perfil B.

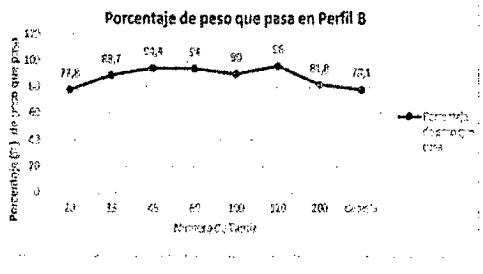


Figura 41. Porcentaje de peso que pasa en perfil B.

Perfil de Suelo C

En la tabla 15 se puede observar el estrato (0.90 a 1.40 m), el cual se tienen una composición de arcilla de baja plasticidad.

Tabla 15. Perfil de Suelo C(Muestra: 100 g.)

Número de Tamiz	Peso (gr) Retenido	Porcentaje (%) de peso retenido	Porcentaje (%) de peso que pasa
20	32.8	32.8	67.2
35	14.5	14.5	85.5
45	5.9	5.9	94.1
60	5.3	5.3	94.7
100	8.9	8.9	91.1
120	3.3	3.3	96.7
200	12.9	12.9	87.1
Cazuela	15.7	15.7	84.3

A continuación se muestra el análisis granulométricos para el (0.90 a 1.40 m), teniendo como resulta mayor proporción de arena.

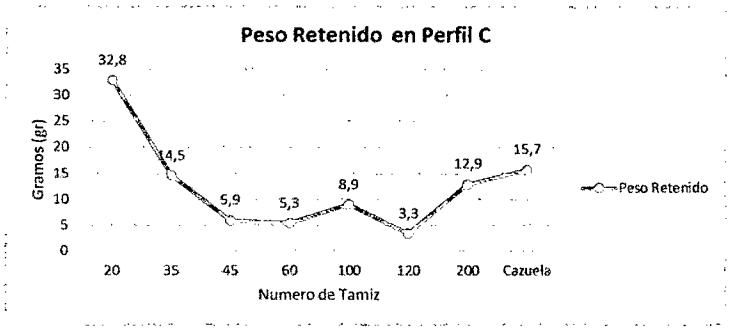


Figura 42. Peso retenido en perfil C.

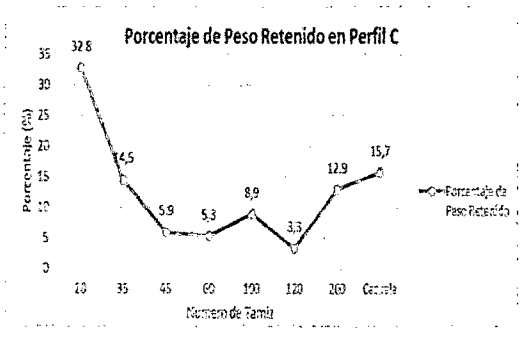


Figura 43. Porcentaje en peso retenido en perfil C.

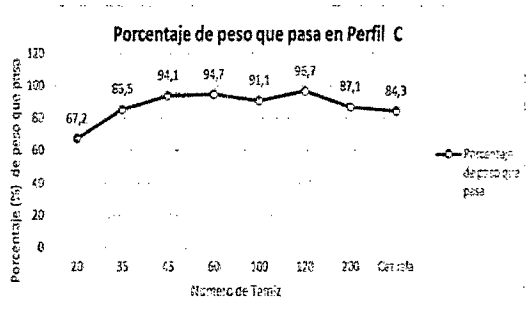


Figura 44. Porcentaje de peso que pasa en perfil C.

Perfil de Suelo D

En la tabla 16 se puede observar el estrato (1.40 a 3.00 m), el cual se tienen una composición de arcilla de alta plasticidad.

Tabla 16. Perfil de Suelo D (Muestra: 100 g.)

Número de Tamiz	Peso (gr) Retenido	Porcentaje (%) de peso retenido	Porcentaje (%) de peso que pasa
20	24.2	24.2	75.8
35	13.2	13.2	86.8
45	6.1	6.1	93.9
60	5.7	5.7	94.3
100	11.7	11.7	88.3
120	7.2	7.2	92.8
200	18	18	82
Cazuela	13	13	87

A continuación se muestra el análisis granulométricos para el (1.40 a 3.00 m), teniendo como resulta mayor proporción de arena.

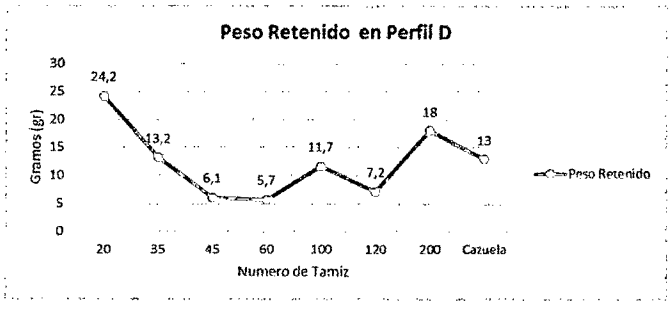
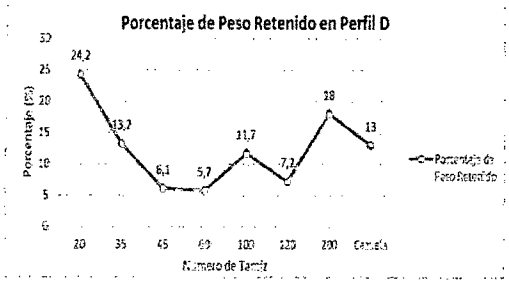


Figura 45. Peso retenido D.



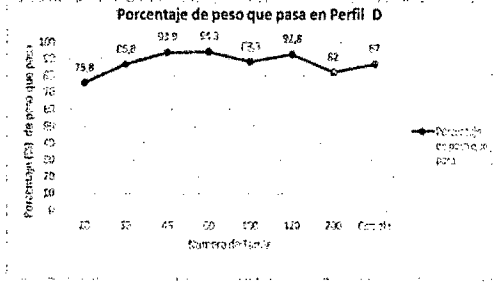


Figura 46. Porcentaje en peso retenido en perfil D. **Figura 47.** Porcentaje de peso que pasa en perfil D.

4.2. DISCUSION

4.2.1. Resultados Bactereológicos

Coliformes totales, Coliformes termo tolerantes y Bacterias heterotróficas

De acuerdo a los análisis de los parámetros bactereológicos de los pozos que se encuentran dentro del área de influencia del Cementerio General de Pucallpa y la muestra representativa que se encuentra fuera del área de influencia, los resultados muestran que los valores obtenido no sobre pasan el reglamento de calidad de agua para consumo humano de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA, a excepción de la muestra de Pozo Tubular Jr. Vargas Guerra, y el Pozo Tubular del Cementerio, el cual si sobre pasan los LMP.

El grupo de microorganismos coliformes es un indicador de contaminación bacteriana debido a que estos son contaminantes comunes del tracto gastrointestinal tanto del hombre como de los animales de sangre caliente, están presentes en el tracto gastrointestinal en grandes cantidades, permanecen por más tiempo en el agua que las bacterias.(Mireya de Pilar, 2005). La presencia de los Coliformes totales y termotolerantes presentes en el recuento de placas, de debe principalmente a que el acuífero de donde extraen el agua estos pozos, guardan una cierta relación debido a que posiblemente este contaminado o esté siendo influenciado por las sepulturas bajo el suelo.

En tanto las bacterias heterotróficas están presentes en todos los cuerpos de agua y constituyen un grupo de bacterias ambientales. (Dan Kroll 2003). La presencia de bacterias heterotróficas en el recuento de las placas debe a que las muestras del agua subterránea aun no pasaban por el proceso de tratamiento de cloración que se realizan en los tanques de agua de los pozos muestreados. Además cabe la posibilidad de que en los grifos de donde se obtuvo la muestra de agua se encuentre contaminado por estas bacterias ambientales.

4.2.2. Resultados Fisico-Quimicos

- Temperatura

  En la figura 11 se puede apreciar que la temperatura medida en el agua subterránea osciló entre los 31 a 32° C. Estas temperaturas son por lo general es el reflejo de la temperatura media anual del lugar.

- Conductividad eléctrica

  En la figura 12 se puede apreciar que la Conductividad presente en las muestras de agua de os Pozos de abastecimiento tomadas a los 5 pozos tubulares y a los resultado de la muestra alejada es menor de 1500 µS/cm, valor considerado por el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: DS.N° 031-310-2010SA como e máximo admitido para agua potable, estos oscilaron entre 94 y 318.2 µS/cm.

- Sólidos disueltos totales

  Los resultados muestran que los STD de los pozos muestreados (64.3-219) se encuentran en concentraciones menores a 300 mg/L, los cuales son bajos en referencia a los límites máximos admitidos por el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: DS. N° 031-2010-SA.

  Los sólidos disueltos totales (SDT) comprenden las sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua. Los SDT presentes en el agua de consumo proceden de fuentes naturales, aguas residuales, escorrentía urbana y aguas residuales industriales. Debido a las diferentes solubilidades de diferentes minerales, las concentraciones de SDT en el agua varían considerablemente de unas zonas geológicas a otras (OMS, 2003).

- Potencial d Hidrogeno (pH)

  De acuerdo al resultado obtenido se puede apreciar que los pozos muestreados tienen un pH que oscilaron de 6.2 a 7.75. Estos rangos se encuentran dentro del rango de los valores normales de pH establecidos en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: DS. N° 031-2010-SA (6.5 a 8.5).

- Alcalinidad

  En la figura 15 y 16 se puede apreciar que la alcalinidad presente en las muestras de agua de los pozos es menor a 250 mg/L $CaCO_3$, valor considerado por el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: DS. N° 031-2010-SA como el máximo admitido para agua potable, estos oscilaron entre 16 y 60 mg/L $CaCO_3$.

  En la mayoría de las aguas naturales la alcalinidad está producida prácticamente por los iones carbonato y bicarbonato aunque, en ocasiones. Otros ácidos débiles c o m o el silícico. fosfórico. bórico y ácidos orgánicos pueden contribuir de forma notable al desarrollo de esta propiedad. El valor de TAC está comprendido por lo común entre 100 y 300 mg/L de $CaCO_3$ mientras el de TA suele oscilar entre 0 y 10 mg/L de $CaCO_3$ (IGME, 2010).

- Dureza

  En la primera repetición figura 16 se puede apreciar que la dureza presente en las muestras de agua de los pozos alcanzan los rangos de 15 a 260 mg/L $CaCO_3$. En la segunda repetición los valores muestran como resultado de 72 a 132 mg/L $CaCO_3$ tal como se muestra en la figura 27, los resultados de ambas repeticiones son menor a 500 mg/L $CaCO_3$, valor considerado por el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: DS. N° 031-2010-SA como el máximo admitido para agua potable.

  La dureza de un agua mide la capacidad de ésta para consumir jabón o producir incrustaciones. Aunque en la reacción con jabón para producir compuestos insolubles pueden intervenir Ca. Mg. Fe. Mn. Cu. Ea. Zn. etc. actualmente la dureza se define en términos de contenido en Ca y Mg (dureza total). Menos utilizados son los términos dureza permanente y dureza temporal que representan la parte de la dureza asociada al Cl^- y $SO_4^=$ y la parte asociada a las especies carbónicas. Respectivamente. Al igual que el TA y el TAC la dureza suele expresarse bien en m g / l de $CaCO_3$, bien en grados farenheit (°F). [1 F = 1 O m g /L de $CaCO_3$], (IGME, 2010).

- Cloruro

  Los resultados obtenidos en la primera y segunda repetición muestran valores entre 5 y 17 mg $Cl^{+}L^{-1}$, estos resultados son menores a 250 mg $Cl^{+}L^{-1}$, valor considerado por el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: DS. N° 031-2010-SA como el máximo admitido para agua potable.

  El agua de lluvia puede ser una fuente importante de ion Cl-, pero la concentración de Cl^{-} en el agua de lluvia disminuye rápidamente tierra adentro (IGME, 2010).

- Salinidad

  Los resultados obtenidos en la primera y segunda repetición muestran valores entre 0 y 0.2 ppt, estos resultados son menores a 300 ppt, valor considerado por el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: DS. N° 031-2010-SA como el máximo admitido para agua potable.

  La alta salinidad está ligada a altas concentraciones de cloruros, sulfatos así como excesiva dureza por la presencia de calcio y magnesio en altas concentraciones. También a mayor salinidad, mayor es la probabilidad de presencia de contaminantes (flúor, arsénico, metales pesados), (FESTA HIDROGEL, 2014).

- Nitrato

  Los resultados obtenidos en la primera y segunda repetición muestran un valor de 0 - 1 mg/L NO_3^{-}, estos resultados son menores a 50 mg/L NO_3^{-}, valor considerado por el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: DS. N° 031-2010-SA como el máximo admitido para agua potable.

  Los niveles naturales de nitratos en las aguas subterráneas son generalmente muy bajas (típicamente menor de 10 mg/L NO_3^{-}), Los nitratos generalmente se mueven lentamente en el suelo y las aguas subterráneas: existe un lapso de tiempo de aproximadamente 20 años

entre la actividad de contaminación y la detención de contaminantes en el subsuelo y aguas subterráneas (LENNTECH BV, 2015).

- Nitrito

  Los resultados obtenidos en la primera y segunda repetición muestran que no hay presencia de nitritos en las muestras.

  En el ambiente nitrito (NO_2^-) generalmente se convierte a nitrato (NO_3^-), lo que significa que nitrito ocurre raramente en aguas subterráneas. El estándar de nitrito N es 1.0 mg/L en el agua potable. Aunque nitrito es muy poco común en aguas subterráneas, es generalmente asumido que casi todo el nitrato más nitrito está en la forma de nitrato (W. Adam Sigler, 2015).

- Sulfato.

  Los resultados obtenidos en la primera y segunda repetición muestran valores entre 0 y 8 mg/L $SO_4^=$, estos resultados son mayores a 0.25 mg/L $SO_4^=$, valor considerado por el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: DS. N° 031-2010-SA como el máximo admitido para agua potable.

  Los sulfatos sirven como fuente de oxígeno a las bacterias, en condiciones anaeróbicas, convirtiéndose en sulfuro de hidrógeno. Pueden ser producidos por oxidación bacteriana de los compuestos azufrados reducidos, incluyendo sulfuros metálicos y compuestos orgánicos (Catalán Lafuente, 1990).

4.2.3. Resultado del perfil estratigráfico.

De acuerdo a la calicata que se ha realizada a una profundidad de 3 metros se tiene la siguiente descripción:

- El estrato A1 (0.00 a 0.07 m), posee una composición de turba, el cual son suelos altamente orgánicos, producto de la desintegración de restos vegetales (Francisca Guerrero, 1990).
- El estrato A2 (0.07 a 0.25 m), posee una composición de limo orgánico, Las partículas de limo inorgánico se mezclan con

partículas muy finas de materia orgánica, algunas todavía visibles, y las materias vegetales. El color del suelo varía desde el gris claro hasta el muy oscuro. Por lo general, el limo orgánico huele a materia orgánica en descomposición (Fao, 2010).

- El estrato B (0.25 a 0.90 m), posee una composición de arena con arcilla, este tipo de suelo es un suelo compuesto siendo el más predominante la arena (Fao, 2010).
- El estrato C (0.90 a 1.40 m), posee una composición de arcilla de baja plasticidad, este tipo de arcilla contiene materia orgánica muy fina. La arcilla orgánica suele tener un fuerte olor a materia orgánica en descomposición (Fao, 2010).
- El estrato D (1.40 a 3.00 m), posee una composición de arcilla de alta plasticidad, este tipo de arcilla es la *parte más fina* del suelo y muchas de sus partículas no son visibles incluso bajo el microscopio. Tiene fuertes *propiedades de retención* para el agua y las sustancias quimi-cas. La mayoría de" las arcillas se pueden reconocer fácilmente ya que al perder agua se agrietan y forman terrones muy duros. La arcilla adsorbe muy lentamente el agua, pero una vez que lo hace, es capaz de retenerla en grandes cantidades y entonces dilatarse hasta alcanzar más del doble de su volumen. La arcilla se torna muy adhesiva al humedecerse, y cuando se sostiene en la mano, se adhiere a los dedos. Cuando los suelos arcillosos están húmedos se vuelven demasiado adhesivos para trabajarlos y cuando están secos son demasiado resistentes al laboreo (Fao, 2010).

4.2.4. Resultados granulométricos.

De acuerdo al análisis granulométrico realizado a cada estrato del perfil de suelo A1, A2, B, C, y D, se caracteriza por tener mayor proporción de arena media, según el tamaño de partículas retenidas por cada tamiz. Esto indica que la proporción de arena-arcilla es de 80/20.

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Del perfil estratigráfico identificado, se identificó que el estrato A1 posee composición de turba, el estrato A2 posee una composición de limo orgánico, el estrato B posee una composición de arena con arcilla, el estrato C posee una composición de arcilla de baja plasticidad, y el estrato D posee una composición de arcilla de alta plasticidad. De los resultados granulométricos realizados, se obtuvo como resultado que es un suelo que posee arena hasta los 0.90 m. y arcilla desde los 0.90 m a 3.00 m de profundidad, esto indica que el suelo donde se ubica el cementerio cumple el reglamento de la Ley de Cementerios y Servicios funerarios D.S N° 03-94-SA, el cual indica que los cementerios públicos y privados estarán ubicados preferentemente en emplazamiento con suelo de textura arcillo o arenosa, secos y con buen drenaje, cuya capa freática debe encontrarse a no menos de 2.50 metros de profundidad.

- De acuerdo a la información recopilada, los lixiviados provenientes de la descomposición de cuerpos sepultados bajo suelo tiene, entre otras características, alto grado de toxicidad y patogenicidad, la toxicidad depende de la presencia de compuestos orgánicos, su volumen de generación puede llegar a 40 litros por cada adulto que pese 70 kilos y su constitución es 60% agua, 30% sales minerales y 10% de sustancias como la putrescina y cadaverina.

- De los análisis físicos - químicos y microbiológico muestran que los pozos de agua que están en el área de influencia del Cementerio General de Pucallpa, se encuentran aptos para el consumo humano, siempre y cuando se realicen los procesos de tratamientos de cloración, debido a que las muestras de aguas corresponden a aguas sin previo tratamiento.

5.2. RECOMENDACIONES

- Todos los pozos muestreados deberán contar al menos con un proceso de tratamiento simple, el cual constituye un tratamiento con cloro residual para destruir la mayoría de los organismos causantes de enfermedades.
- En lugares como el de materia de la investigación, el enterramiento de cadáveres siempre deberá realizarse en excavaciones que no contengan acumulaciones de agua, debiéndose extraer el agua acumulada, para evitar que los cuerpos sepultados aceleren su proceso de descomposición y los lixiviados no entren en contacto con los acuíferos cercanos.
- De acuerdo a los trabajos de investigación liderados por el Dr. Alberto Pacheco y Dr. Edu Parreira, se debe seguir la siguiente recomendación:
  - Tomar serios cuidados en el entierro de cuerpos en los que la causa mortis haya sido contagiosa o epidémica, en que se recomienda la cremación, y con los cadáveres de las personas que fueron tratadas con elementos radiactivos.
  - Desarrollar campañas de concienciación, a todo nivel, respecto a las implicancias ambientales que puede tener la construcción de cementerios en lugares de riesgo para la calidad de las aguas subterráneas.
  - Desarrollar campañas de incentivo a la cremación en caso de enfermedades contagiosas.
  - Un control riguroso del monitoreo de recursos hídricos.
  - Supervisar la adecuada construcción de nuevos cementerios.

BIBLIOGRAFIA

1. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. (2010). Estudio de Impacto Ambiental (EIA-sd). Recuperado el 19 de octubre del 2015 de http://www.mincetur.gob.pe/newweb/Portals/0/Turismo/Gestion%20Ambiental/pdfs/EIA-Resumen-Ejecutivo/004.%20EIA-Sd%20YARINACOCHA_Cap_4_Linea_Base_Proyecto.pdf.

2. Dirección general de aguas y suelos del Ministerio de agricultura. (1998). Inventario y evaluación de las fuentes de agua subterránea de la ciudad de Pucallpa y Yarinacocha. Recuperado el 15 de octubre del 2015 de
3. http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/fuente_agua_subterranea_pucallpa_0_0.pdf.

4. Secretaria Distrital de ambiente de la Alcaldía Mayor de Bogotá. (2011). Recurso hídrico subterráneo. Recuperado el 3 de noviembre del 2015 de http://ambientebogota.gov.co/aguas-subterraneas.

5. Fluinamics ingeniería e instalaciones. (2014). Parámetros de calidad de aguas. Recuperado el 3 de noviembre del 2015 de http://fluinamics.com/es/documentacion/tablas/05.PARAMETROS%20DE%20CALIDAD%20DE%20LAS%20AGUAS.pdf.

6. Espinoza, E. (2007). Contaminación de aguas subterráneas por lixiviados provenientes de sepulturas bajo el suelo en el camposanto "Parques del Paraíso" Lurín-Lima: Tesis para optar el grado de magister en ciencias ambientales. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Recuperado el 8 de abril de 2013 de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/373/1/espinoza_ej.pdf.
7. Ministerio del ambiente. (2013). Normativa. Recuperando el 3 de noviembre del 2015 de http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/normativa/.

8. Iván Guerrero N. (2005, 27 de julio). El agua. Recuperado el 4 de noviembre del 2015 de http://www.monografias.com/trabajos26/agua/agua.shtml

9. Infojardin. (2002). Definiciones de jardinería, diccionario de botánica y glosario de medio ambiente. Aguas subterráneas-definición. Recuperado

el 4 de noviembre del 2015 de http://www.infojardin.net/glosario/agua-freatica/aguas-subterraneas.htm.

10. María P. Collazo. (2012). Manual de aguas Subterráneas. Recuperado el 10 de noviembre del 2015 de http://www.mgap.gub.uy/gxpfiles/mgap/content/audio/source0000000011/AUD0000070000002078.pdf.

11. Yazz Macias. (2014, 15 de septiembre). Coliformes fecales. Recuperado el 15 de noviembre de http://es.slideshare.net/yazmacias/coliformes-fecales-fisiol.

12. Guía para la elaboración de estudios del medio físico- 3ra. Ed. (1991). Contaminación del agua. Recuperado el 15 de noviembre del 2015 de http://www2.medioambiente.gov.ar/bases/glosario_ambiental/definicion.asp?id=75.

13. Miguel Rea. (2015, 19 de octubre). Tribuna de Querétaro. Cadaverina el olor a muerte. Recuperado el 15 de noviembre del 2015 de http://www.tribunadequeretaro.com/index.php/opinion/5605-cadaverina-el-olor-a-muerte

14. Freddy R. Flores. (2014, 24 de abril). Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Granulometría de suelos. Recuperado el 2 de diciembre del 2015 de http://es.slideshare.net/freddyramirofloresvega/granulometria-en-los-suelos.

15. Velazco R. y Minota Z. (2012). Evaluación por contaminación en suelos aledaños a los cementerios jardines del recuerdo e inmaculada. Colombia: Investigación realizada en la Universidad Militar Nueva Granada en Bogotá. Recuperado el 8 de abril del 2013 de http://www.umng.edu.co/documents/10162/1073246/Articulo_11.pdf.

16. Carlos S. (2006). IUSAMBIENTE. La contaminación producida por los cementerios. Recuperado el 8 de abril del 2013 de http://iusambiente.blogspot.com/2006/09/la-contaminacion-producida-por-los.html.

17. José J. Espinoza (2001, Julio). Revista del instituto de investigación Vol. 04 n°08.evaluacion de impacto ambiental de un cementerio tipo parque ecológico. Recuperado el 7 de diciembre del 2015 de www.sisbib.unmsm.edup/bibvirtual/publicaciones/geologia/v04-n8/evaluacion-impacto-ambiental.htm.

ANEXOS

ANEXO 1: ESTANDARES PARA AGUA POTABLE

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
Giardia lamblia	TT[b]		
Legionella, 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)	7×10^6/ 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)	—

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

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA PARAMETROS MICROBIOLOGICOS Y PARASITARIOS

Parámetro	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales	UCF/100 ml a 35°C	0(*)
2. E. Coli	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 44,5°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y/o quistes de protozoarios patógenos	N° org/L	0
6. Virus	UFC/mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos, en todos sus estadios evolutivos.	N° org/L	0

UFC= Unidad formadora de colonias

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

Parámetro	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	1500
7. Solidos totales disueltos	mg/L	1000
8. Cloruros	mg/L Cl^-	250
9. Sulfatos	mg/L $SO_4^=$	250
10. Dureza total	mg/L $CaCO_3$	500
11. Amoniaco	mg/L N	1,5
12. Hierro	mg/L Fe	0,3
13. Manganeso	mg/L Mn	0, 4
14. Aluminio	mg/L Al	0,2
15. Cobre	mg/L Cu	2,0
16. Zinc	mg/L Zn	3,0
17. Sodio	mg/L Na	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT= Unidad nefelometría de turbiedad

ANEXO 3: ICONOGRAFIA

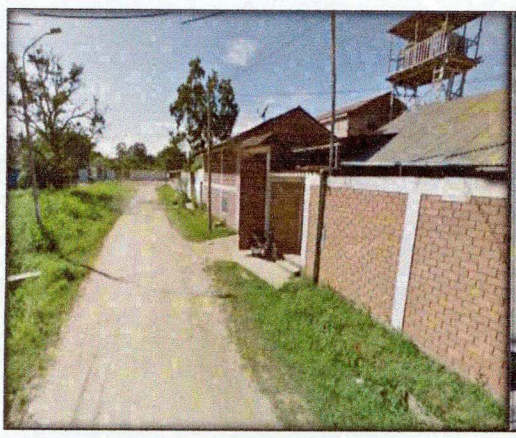


Figura 48. Zonas de Muestreo 01



Figura 49. Zonas de Muestreo 02

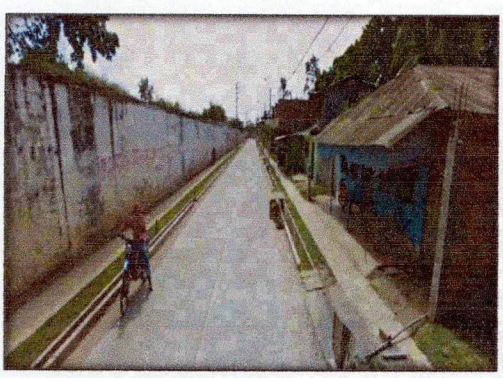


Figura 50. Zonas de Muestreo 03



Figura 51. Zonas de Muestreo 04



Figura 52. Zonas de Muestreo 05



Figura 53. Muestreo de Agua de Pozos Tubulares 1

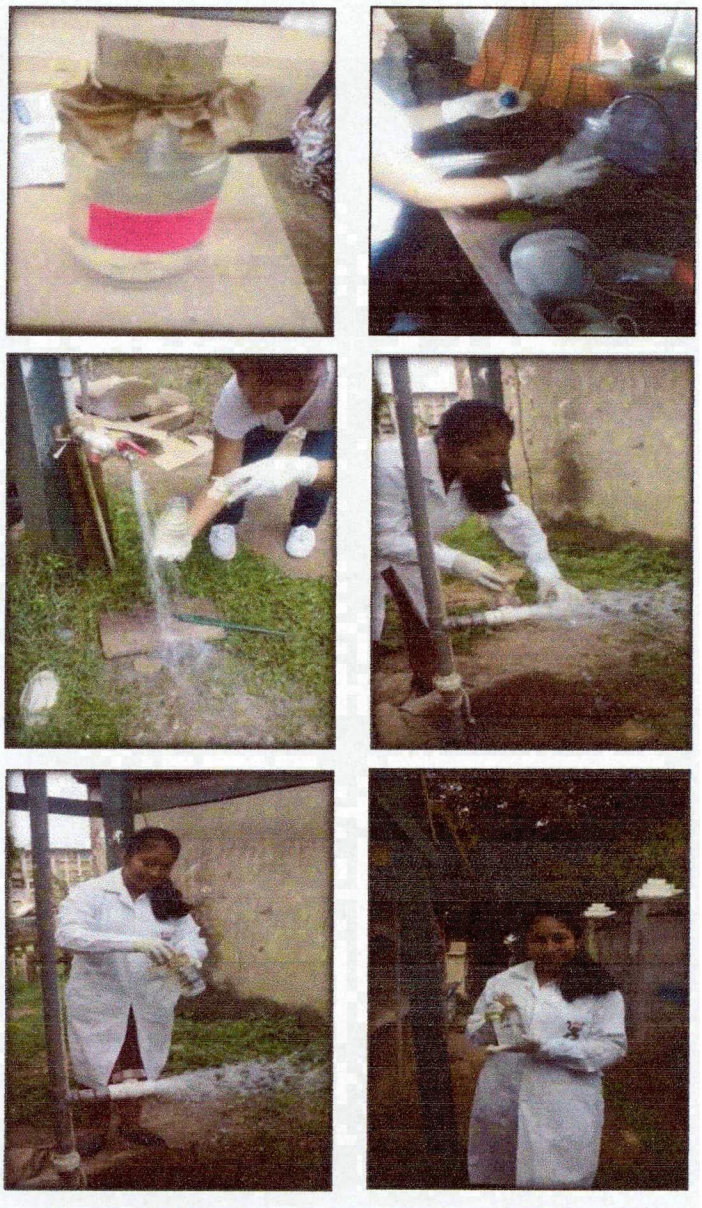


Figura 54. Muestreo de Agua de Pozos Tubulares 2

MATERIALES E INSUMOS UTILIZADOS EN LABORATORIO



Figura 55. Estufa bactereológico

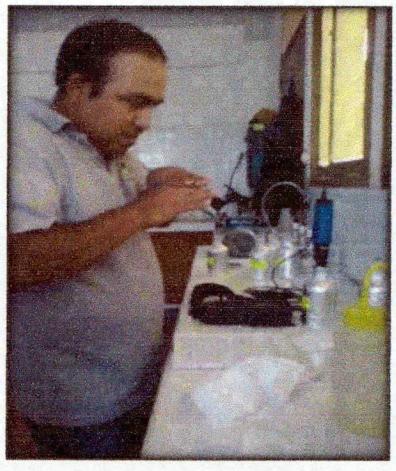


Figura 56. Blgo. Eric Mananita Terrones



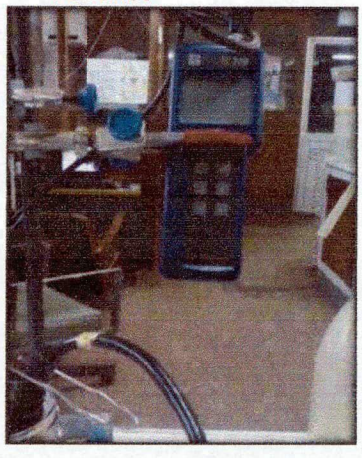
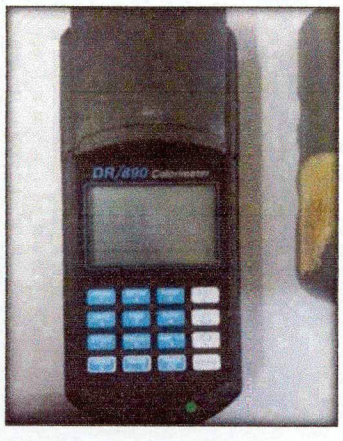


Figura 57. pH-metro (margen izquierda) y Conductímetro (margen derecha)



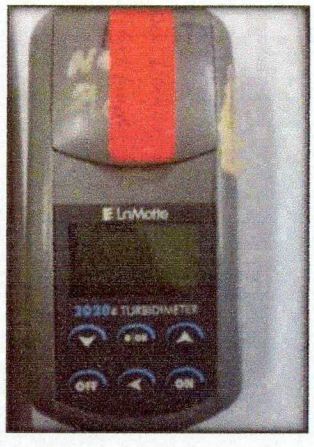


Figura 58. Colorímetro (margen izquierda) y turbidímetro (margen derecha)



Figura 59. Aparato de filtración con porta filtros



Figura 60. Olla a presión



Figura 61.Solución EDTA 0.01N, Solución de Nitrato de Plata, solución de ácido sulfúrico 0.02N



Figura 62. Solución amortiguadora para sulfato (Centro), Solución amortiguadora para aluminio (Derecha), Solución amortiguadora de acetato de amonio (Izquierda).





Figura 63. Solución de anaranjado de metilo (Izquierda), Solución de Tiosulfato de sodio (Derecha), Solución de fenolftaleína (Centro)

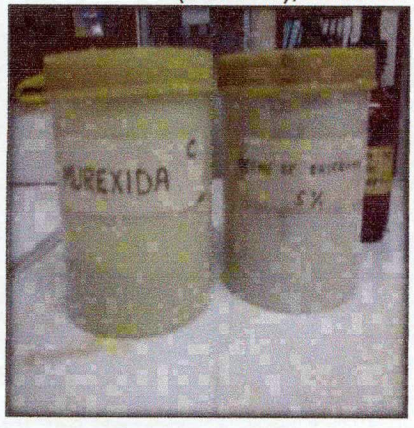


Figura 64. Murexida (Izquierda), Negro de Ericromo (Derecha)

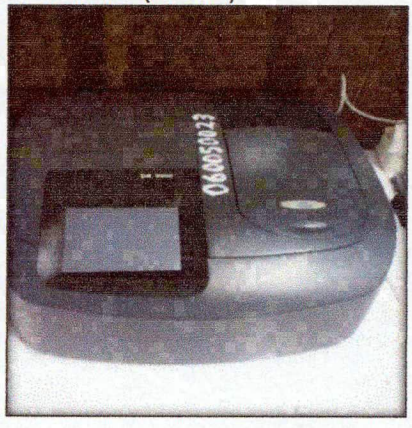


Figura 65. Espectrofotómetro





Figura 66. Micro pipetas



Figura 67. Pipeteador automático



Figura 68. Agar plate count (Izquierda), M-FC-Agar (Centro), Agar Endo (Derecha)



Figura 69. Realización de análisis de muestras de agua



Figura 70. Realización de recuentos en placa

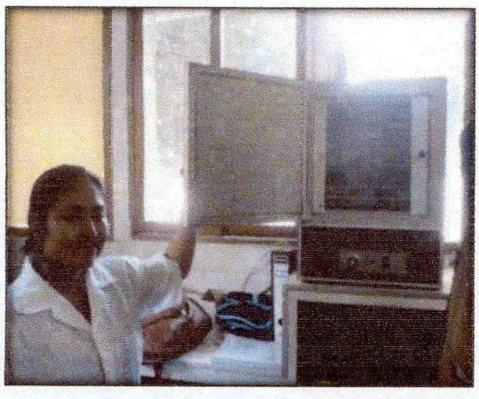


Figura 71. Estufa Bacteriológica

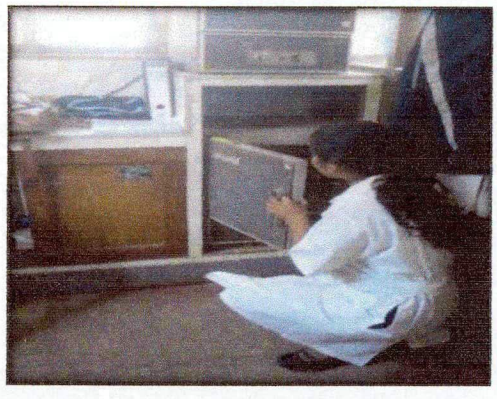


Figura 72. Estufa esterilizadora

ANALISIS DE MUESTRAS EN LABORATORIO

(PRIMERA REPETICIÓN)

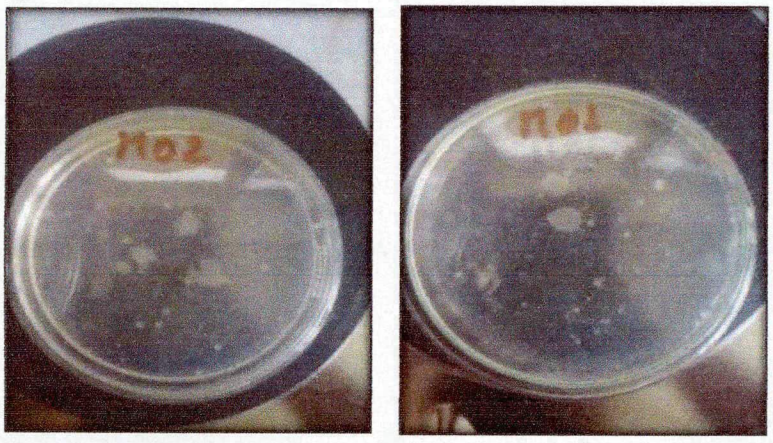


Figura 73. Muestra Pozo Tubular Cementerio "Bacterias Heterotróficas" (Izquierda), Muestra Pozo Tubular Manantial "Bacterias Heterotróficas" (Derecha)



Figura 74. Muestra Jr. Vargas Guerra "Bacterias Heterotróficas" (Izquierda), Muestra Pozo Tubular Pablito "Bacterias Heterotróficas" (Derecha)



Figura 75. Muestra Pozo Tubular Colegio "Bacterias Heterotróficas"

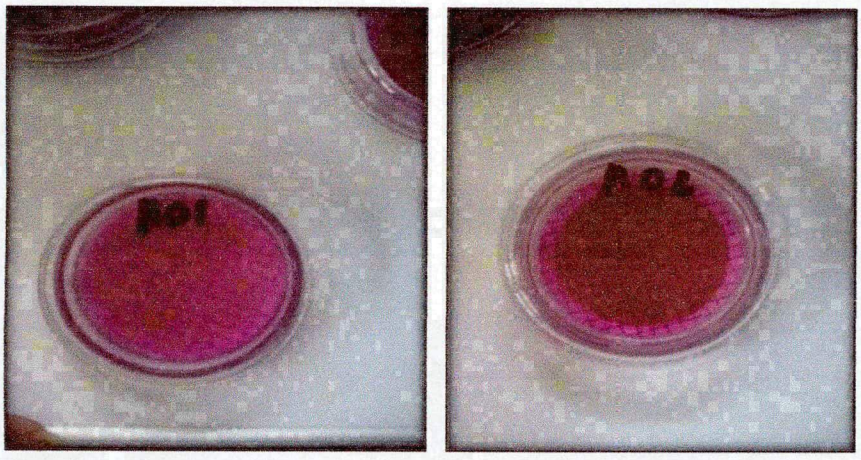


Figura 76. Muestra Pozo Tubular Manantial "Coliformes Fecales" (Derecha), Muestra Pozo Tubular Cementerio "Coliformes Fecales" (Izquierda),

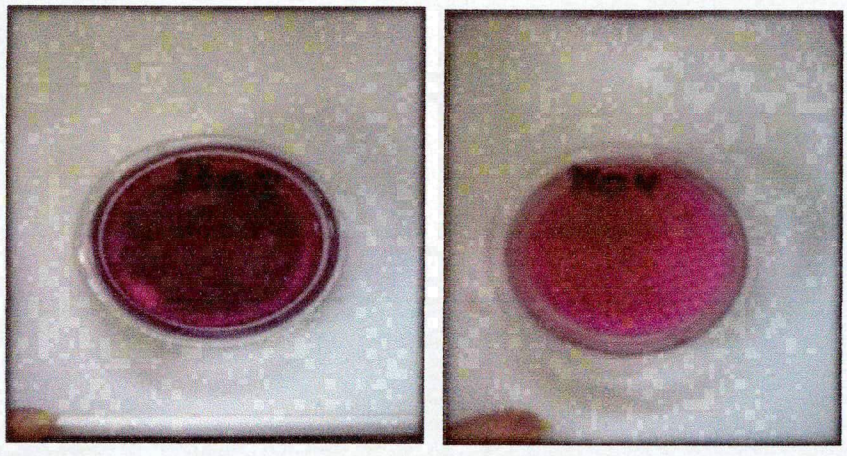


Figura 77. Muestra Jr. Vargas Guerra "Coliformes Fecales" (Izquierda), Muestra Pozo Tubular Pablito "Coliformes Fecales" (Derecha)



Figura 78. Muestra PT Colegio "Coliformes Fecales"

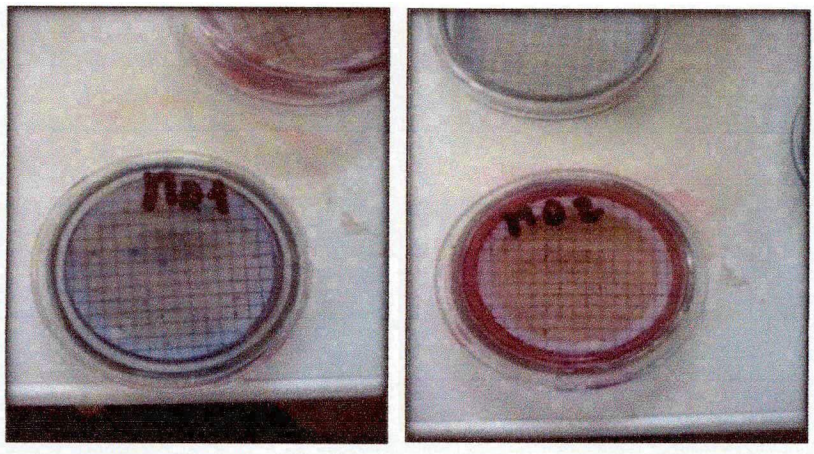


Figura 79. Muestra Pozo Tubular Manantial "Coliformes Totales" (Derecha), Muestra Pozo Tubular Cementerio "Coliformes Totales" (Izquierda),

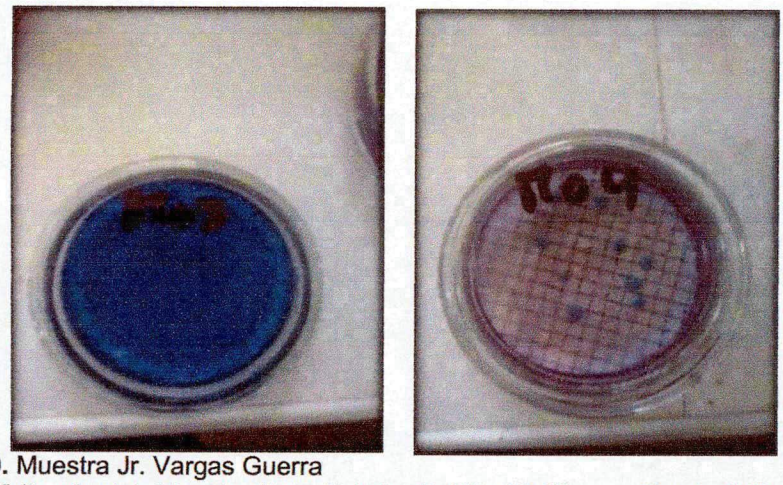


Figura 80. Muestra Jr. Vargas Guerra "Coliformes Totales" (Izquierda), Muestra Pozo Tubular Pablito "Coliformes Totales" (Derecha)

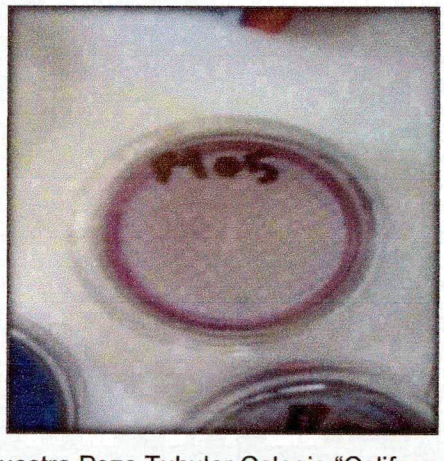


Figura 81. Muestra Pozo Tubular Colegio "Coliformes Totales"

ANALISIS DE MUESTRAS EN LABORATORIO (SEGUNDA REPETICIÓN)



Figura 82. Muestra Pozo Tubular Pablito segunda repetición (Bacterias Heterotróficas)



Figura 83. Muestra Pozo Tubular Colegio segunda repetición (Bacterias Heterotróficas)



Figura 84. Muestra Pozo Tubular Cementerio segunda repetición (Bacterias Heterotróficas)

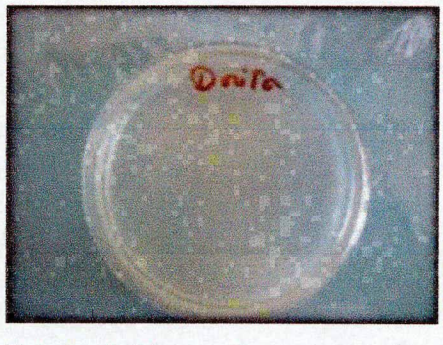


Figura 85. Muestra Pozo Tubular Jr. Vargas Guerra segunda repetición (Bacterias Heterotróficas)

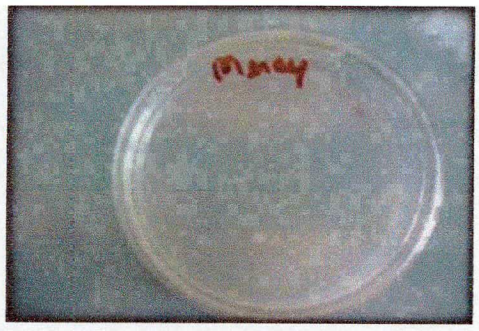


Figura 86. Muestra Pozo Tubular Manantial segunda repetición (Bacterias Heterotróficas)

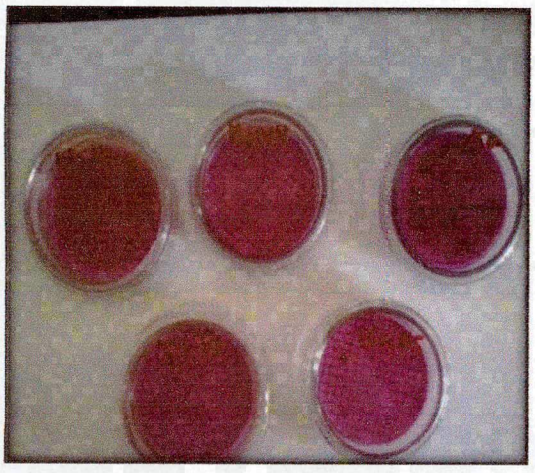


Figura 87. Muestra Pozo Tubular segunda Repetición (Coliformes Fecales)

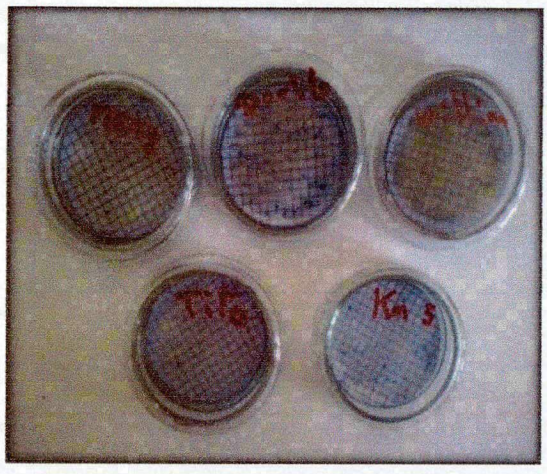


Figura 88. Muestra Pozo Tubular segunda repetición (Coliformes Totales)

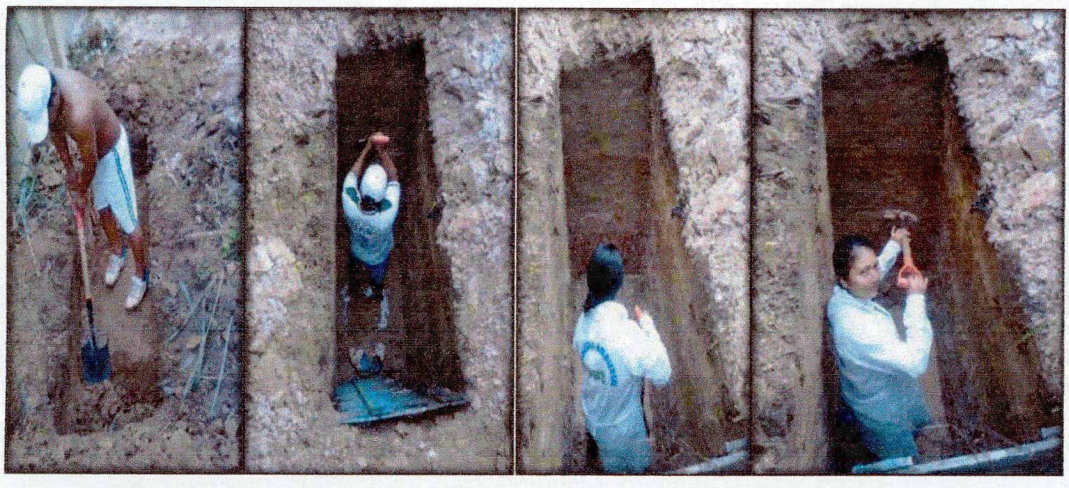


Figura 89. Perfil estratigráfico "Calicata" en el cementerio General de Pucallpa.



Figura 90. Perfil de suelo del cementerio general de Pucallpa



Figura 91. Muestra de cada perfil de suelo del cementerio