



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**INFLUENCIA DEL RELLENO SANITARIO EN LA CALIDAD DE
LAS AGUAS SUBSUPERFICIALES EN EL SECTOR ITAPALLUNI
DEL DISTRITO DE PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. SANTOS ESTANISLAO ALBERTO RAMOS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO – PERÚ

2023



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**INFLUENCIA DEL RELLENO SANITARIO E
N LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBSUPE
RFICIALES EN EL SECTOR ITAPALLUNI**

AUTOR

SANTOS ESTANISLAO ALBERTO RAMOS

RECuento DE PALABRAS

49155 Words

RECuento DE CARACTERES

262287 Characters

RECuento DE PÁGINAS

246 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

11.2MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 26, 2023 7:15 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 26, 2023 7:18 PM GMT-5

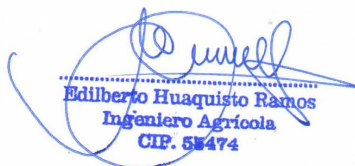
● **6% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 5% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 18 palabras)


Edilberto Huaquisto Ramos
Ingeniero Agrícola
CIP. 53474


D. Santos Ramos Edilberto
DIRECTOR UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

Resumen



DEDICATORIA

A Dios por brindarme cada día de vida y por haberme permitido llegar a este tan anhelado momento de mi vida.

A mis queridos padres Victor Alberto Manzano y Cerila Aniduvia Ramos Alberto, a mi padre por brindarme los recursos necesarios y estar a mi lado apoyándome y aconsejándome con dignos ejemplos de fortaleza y perseverancia. a mi madre por ser mi apoyo incondicional, hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanzas y amor pues sin ellos no sería nada de lo que ahora soy.

A mi esposa Nely Saavedra Capia que siempre está a mi lado brindándome su amor y apoyo, y a mis queridos hijos Jimena, Austin y Anthoni que es la razón que me motiva a ser una mejor persona y seguir luchando en la vida para darlos una mejor vida.

A mi tía Eulalia y a mis hermanos y hermanas por su apoyo incondicional y moral en los momentos difíciles y también en los felices durante mi formación como profesional.

A mis familiares que siempre me acompañan en las buenas y en las malas, gracias por su apoyo.

Gracias por confiar en mí.

Santos...



AGRADECIMIENTO

En primer lugar, le doy gracias a Dios por darme cada día de vida y guiarme por el camino correcto y acompañarme por donde recorra.

A la Universidad Nacional del Altiplano, a la Facultad de Ingeniería Agrícola, Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola por haber contribuido en mi formación profesional durante mis años de estudio.

Al Dr. Edilberto Huaquisto Ramos, Director y Asesor del presente trabajo de investigación, por su apoyo incondicional, valiosa enseñanza y acertada dirección.

Al Dr. German Belizario Quispe, Asesor del presente trabajo de investigación, por su apoyo incondicional, valiosa enseñanza y acertada dirección.

Mis cordiales agradecimientos a cada uno de los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por haberme brindado sus conocimientos y experiencias durante los cinco años de estudio.

Agradecimiento sincero a todas las personas, amigos y familiares que de manera directa e indirecta me motivaron y contribuyeron en la ejecución y culminación de la presente tesis de investigación.

Que Dios nos bendiga y proteja.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 16

ABSTRACT..... 17

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 18

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 19

1.2.1. Problema general..... 20

1.2.2. Problemas específicos 21

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN 21

1.3.1. Hipótesis general 21

1.3.2. Hipótesis específicas 21

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO..... 22

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 24

1.5.1. Objetivo general 24

1.5.2. Objetivos específicos..... 24

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN..... 25

2.1.1. A nivel internacional 25



2.1.2.	A nivel nacional.....	27
2.1.3.	A nivel local	31
2.2.	REFERENCIAS TEÓRICAS	34
2.2.1.	Rellenos sanitarios.....	34
2.2.2.	Vías de acceso	35
2.2.3.	Barrera sanitaria	35
2.2.4.	Distribución del área	36
2.2.5.	Impermeabilización de la base de la infraestructura	36
2.2.6.	Taludes	36
2.2.7.	Celdas	37
2.2.8.	Material de cobertura.....	37
2.2.9.	Espesor de cobertura	38
2.2.10.	Drenaje de aguas superficiales	38
2.2.11.	Canal de drenaje pluvial	38
2.2.12.	Drenaje de gases.....	39
2.2.13.	Chimeneas	39
2.2.14.	Drenaje de lixiviados.....	39
2.2.15.	Tratamiento de lixiviados.....	40
2.2.16.	Recirculación de lixiviados	40
2.2.17.	Operaciones básicas de un relleno sanitario.....	41
2.2.18.	Control sanitario en un relleno sanitario	43
2.2.19.	Residuos sólidos	45
2.2.20.	Lixiviados.....	55
2.2.21.	Agua	62
2.2.22.	Aguas superficiales.....	64
2.2.23.	Aguas subsuperficiales	64
2.2.24.	Aguas subálveas	65
2.2.25.	Aguas interflujo.....	65



2.2.26. Aguas de flujo base	66
2.2.27. Aguas subterráneas.....	66
2.2.28. Acuífero.....	67
2.2.29. Clasificación de acuíferos	68
2.2.30. Escorrentía.....	71
2.2.31. El ciclo de la escorrentía	73
2.2.32. Formación de las aguas subterráneas	74
2.2.33. Contaminación de aguas subterráneas.....	75
2.2.34. Dirección de escurrimiento	78
2.2.35. Redes de flujo.....	79
2.2.36. Transporte de contaminantes en aguas subsuperficiales y subterráneas	82
2.2.37. El Estándar de Calidad Ambiental – ECA.	86
2.2.38. El Límite Máximo Permissible – LMP.....	87
2.2.39. Parámetros biológicos	87
2.2.40. Indicadores físicos y químicos del agua.....	89
2.2.41. Importancia de la calidad de agua	100
2.2.42. Infecciones transmitidas por el agua	101
2.2.43. Normas que garantizan la calidad de agua	102
2.2.44. Evaluación de la calidad de agua.....	103
2.2.45. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua	104
2.2.46. Clasificación del agua según su aplicación.	109
2.2.47. Para cálculo del índice de calidad de agua ICA-PE.	111
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	115
2.3.1. Agua	115
2.3.2. Aguas superficiales.....	115
2.3.3. Aguas subsuperficiales	116
2.3.4. Aguas subálveas	116
2.3.5. Aguas interflujo.....	116



2.3.6. Aguas de flujo base	116
2.3.7. Agua subterránea.....	117
2.3.8. Agua potable.....	117
2.3.9. Calidad de agua	117
2.3.10. Distribución vertical del agua subterránea	118
2.3.11. Zona no saturada	118
2.3.12. Contaminación del agua	119
2.3.13. Espesor de la capa no saturada	119
2.3.14. Homogeneidad del suelo	119
2.3.15. Lixiviados.....	120
2.3.16. Nivel de la napa freática.....	120
2.3.17. Parámetro	120
2.3.18. Perforados o tubulares	120
2.3.19. Perfil de suelo.....	121
2.3.20. Límite Máximo Permisible.....	121
2.3.21. Estándar de Calidad Ambiental (ECA)	121

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO	122
3.1.1. Ubicación Política	122
3.1.2. Ubicación Geográfica.....	122
3.1.3. Ubicación Hidrográfica	122
3.1.4. Límites.....	122
3.1.5. Vías de comunicación y accesibilidad.....	123
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS.....	123
3.2.1. Materiales de escritorio e insumos	123
3.2.2. Equipos de cómputo, georeferenciales, audiovisuales y de servicios	123



3.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO	124
3.3.1.	Población de estudio.....	124
3.3.2.	Muestra de estudio.....	124
3.4.	METODOLOGIA Y PROCEDIMIENTO	125
3.4.1.	Ubicación de puntos de muestreo.....	125
3.4.2.	Frecuencia de muestreo	128
3.4.3.	Selección de parámetros	128
3.4.4.	Lugar de análisis de muestras.....	129
3.4.5.	Método de muestreo	129
3.4.6.	Tratamiento de las muestras.	134
3.4.7.	Mediciones de calidad de agua realizado antes del inicio de operación del relleno sanitario.....	135
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1.	RESULTADOS.....	137
4.1.1.	Resultados de los parámetros físico químicos del agua subsuperficial del sector Itapalluni.....	137
4.1.2.	Promedio de los resultados de los parámetros físico químicos del agua subsuperficiales de las muestras tomadas.....	139
4.1.3.	Análisis y comparación de los resultados por parámetro.	142
4.1.4.	Para cálculo del índice de calidad de agua ICA-PE.	165
4.1.5.	Resultados ICA-PE.....	168
4.1.6.	Evaluación de la influencia del relleno sanitario en función a la distancia de muestreo.	176
4.2.	DISCUSION	181
V.	CONCLUSIONES.....	194
VI.	RECOMENDACIONES	198



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	199
ANEXOS	207

Área: Ingeniería y tecnología.

Línea: Ordenamiento territorial y medio ambiente

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 21 de agosto 2023.



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Clasificación de residuos sólidos domiciliarios.	50
Tabla 2.	Datos típicos sobre la composición de los lixiviados.	61
Tabla 3.	Parámetros que deben monitorear en el vertimiento de un lixiviado.	62
Tabla 4.	Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua – Categoría 1: poblacional y recreacional “I”.	105
Tabla 5.	Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua – Categoría 3: riego de vegetales y bebidas de animales “I”.	106
Tabla 6.	Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua – Categoría 4: conservación del ambiente acuático.	107
Tabla 7.	Parámetros utilizados en los Índices Físicoquímicos de calidad de aguas.	108
Tabla 8.	Comparación de calidad de agua superficial y subterránea.	109
Tabla 9.	Interpretación de la calificación ICA	114
Tabla 10.	Vías de acceso desde Puno.	123
Tabla 11.	Ubicación de los puntos de muestreo.	127
Tabla 12.	Frecuencia de muestreo	128
Tabla 13.	Medición de parámetros en campo.	133
Tabla 14.	Medición realizados antes de la etapa de operación del relleno sanitario ..	136
Tabla 15.	Resultados de los análisis físico químicos de los puntos de muestreo de aguas subterráneos (primer muestreo época vaciante) (Weather Spark, 2023). ..	138
Tabla 16.	Resultados de los análisis físico químicos de los puntos de muestreo de aguas subterráneos (segundo muestreo época creciente) (Weather Spark, 2023).	139
Tabla 17.	Promedio de los resultados de los análisis físico químicos de los puntos de muestreo de aguas subsuperficiales.	140



Tabla 18. Promedio de los resultados de parámetros medidos antes de la etapa de operación del relleno sanitario.....	141
Tabla 19. Verificador del color.....	158
Tabla 20. Cuadro comparativo del olor.....	159
Tabla 21. Interpretación de la calificación ICA	166
Tabla 22. Evaluación y determinación del ICA para los seis (06) puntos de monitoreo.	170
Tabla 23. Cálculo de los factores del ICA (CCME_WQI) excedentes de cada parámetro en cada monitoreo y cálculo de calidad de agua (ICA – PE).....	171
Tabla 24. Resultados del ICA.....	173
Tabla 25. Resultados del ICA en monitoreos antes del inicio de operación del relleno sanitario.....	175



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Gráfico de un acuífero.	67
Figura 2.	Tipos de acuíferos según sus características hidrodinámicas.	70
Figura 3.	Acuífero colgado.	70
Figura 4.	Ciclo de escorrentía 3ra fase.	74
Figura 5.	Dirección de escurrimiento.	78
Figura 6.	Líneas equipotenciales.	79
Figura 7.	Sección vertical de una red de flujo en una area con relieve.	80
Figura 8.	Red de flujo de agua subterránea en regiones áridas y húmedas.	82
Figura 9.	Transporte si se produjeran sólo advección y difusión.	83
Figura 10.	Transporte si se produjera sólo advección.	84
Figura 11.	Dispersión mecánica, la primera muestra dispersión longitudinal tortuosa, la segunda muestra dispersión longitudinal amplia y la última muestra dispersión transversal.	84
Figura 12.	Inyección momentánea.	85
Figura 13.	Inyección continua.	85
Figura 14.	Retardo adsorción y absorción.	86
Figura 15.	Grafico de puntos de ubicación de muestreo.	127
Figura 16.	Potencial de hidrógeno	142
Figura 17.	Conductividad eléctrica.	144
Figura 18.	Fosforo.	146
Figura 19.	Concentración de nitratos NO_3	147
Figura 20.	Concentración de nitritos NO_2	149
Figura 21.	Oxígeno disuelto.	151
Figura 22.	Nitrógeno.	153



Figura 23. Turbidez.....	155
Figura 24. Sólidos totales en suspensión	157
Figura 25. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅).....	160
Figura 26. Demanda química de oxígeno (DQO).....	162
Figura 27. Relación de DBO/DQO para definir el tipo de vertido.	164
Figura 28. Gráfico de cota elevación de nivel de agua y freático subsuperficial	178
Figura 29. Variación de la calificación ICA-PE en cada punto monitoreado.....	179



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

DIGESA	: Dirección General de Salud Ambiental
OMS	: Organización Mundial de la Salud
OPS	: Organización Panamericana de la Salud
MINAM	: Ministerio del Ambiente
LMP	: Límite Máximo Permisible
MINSA	: Ministerio de Salud
ECA	: Estándares de Calidad Ambientas
ICA	: Índice de Calidad de Agua
CEPIS	: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
DIGESA	: Dirección General de Salud Ambiental
DIRESA	: Dirección Regional de Salud
EPA	: Agencia de Protección del Medio Ambiente
PAMA	: Programa de Adecuación Manejo Ambiental
CE	: Conductividad eléctrica.
pH	: Potencial de hidrogeno.
P	: Fosforo
NO₂	: Nitrito
OD	: Oxígeno Disuelto
SDT	: Solidos Disueltos Totales
N	: Nitrógeno
SST	: Solidos Suspendidos Totales
DBO₅	: Demanda Bioquímica de Oxigeno
DQO	: Demanda Química de Oxigeno



RESUMEN

El presente trabajo de investigación aborda el tema de la influencia del relleno sanitario en la calidad de las aguas subsuperficiales, en la temporada de lluvias del año 2021 se evidencio la presencia de lixiviados del relleno sanitario en el punto de vertimiento de aguas pluviales, esto hace que haya afectado la calidad de agua en el sentido de la dirección de flujo en el cual se encuentra el cauce fluvial y humedales, tuvo como principal objetivo, evaluar la influencia del relleno sanitario en la calidad de las aguas subsuperficiales, determinando los parámetros físico químicos y comparando con los ECAs – para agua, también desarrollar el índice de calidad según ICA-PE, analizar los resultados según la distancia entre el vertimiento y punto de monitoreo. La metodología consistió en determinar los parámetros físico químicos, comparar con los ECA para la categoría 3 - D2, del D.S.N°004-2017-MINAM, además se determinó el ICA -PE, para verificar el grado de la calidad del agua, el resultado se comparó con estudios anteriores a la operación del relleno sanitario, se midieron parámetros fisicoquímicos como, DBO₅, DQO, Nitratos, Nitritos, pH, Conductividad, T°, Oxígeno Disuelto, Color y Olor, donde los parámetros que no cumplieron la normativa para categoría 3-D2 fueron OD, Color, Olor, DBO₅, DQO, en base a la comparación de resultados se procedió con el cálculo del ICA, obteniendo un valor de 49.63 para la presente investigación el cual determina que la calidad del agua subsuperficial es regular, también se calculó el valor del ICA-PE con datos del año 2018 obteniendo un valor de 99.67 el cual define que la calidad del agua era excelente, por lo que la presencia del relleno sanitario ha influido en un 49.79% sobre la calidad del agua subsuperficial del sector Itapalluni.

Palabras clave: Aguas subsuperficial, calidad, influencia, lixiviado, relleno sanitario.



ABSTRACT

The present research work addresses the issue of the influence of the sanitary landfill on the quality of subsurface water, in the rainy season of 2021 the presence of leachate from the sanitary landfill was evidenced at the point of stormwater discharge, this affects the quality of water in the direction of flow in which the riverbed and wetlands are located, its main objective was to evaluate the influence of the sanitary landfill on the quality of subsurface water, determining the physicochemical parameters and comparing with the ECAs – for water, also develop the quality index according to ICA-PE, analyze the results according to the distance between the discharge and the monitoring point. The methodology consisted of determining the physical-chemical parameters, comparing with the ECA for category 3 - D2, of D.S.N°004-2017-MINAM, in addition the ICA -PE was determined, to verify the degree of water quality, the result was compared with studies prior to the operation of the landfill, physicochemical parameters such as DBO5, COD, Nitrates, Nitrites, pH, Conductivity, T °, Dissolved Oxygen, Color were measured. and Odor, where the parameters that did not comply with the regulations for category 3-D2 were OD, Color, Odor, DBO5, COD, based on the comparison of results, the ICA was calculated, obtaining a value of 49.63 for the present investigation, which determines that the subsurface water quality is regular, the ICA-PE value was also calculated with data from the year 2018, obtaining a value of 99.67, which defines that the water quality It was excellent, so the presence of the sanitary landfill has influenced 49.79% of the quality of the subsurface water in the Itapalluni sector.

Keywords: Subsurface water, quality, influence, leachate, sanitary landfill.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El hombre es el mayor generador de residuos sólidos de todo tipo, los rellenos sanitarios son uno de los métodos más utilizados para la disposición final de residuos sólidos en el mundo ya que han mostrado ser la forma más barata, en términos de aprovechamiento y costo para la disposición final de los residuos (Renou, Givaudan, Poulain, & Dirassouyan, 2008).

La generación total diaria de residuos sólidos para el distrito de Puno es de 106.89 Ton/día y la generación per cápita total es de 0.55 kg/hab/día. De los cuales el 67.32 % de residuos sólidos son orgánicos, el 17.16% reciclables y el 15.52% son residuos no aprovechables (Puno, 2015).

Antes de la construcción del relleno sanitario en el sector Itapalluni. Del distrito de Puno, para la disposición final de los residuos sólidos producidos en la ciudad de Puno, estas fueron dispuestas en el botadero Cancharani, el cual funciono sin criterios técnicos de disposición y operación, en una zona de sobrecarga situada junto a un cuerpo de agua (drenaje natural). Allí no existía ningún tipo de control sanitario ni se impedía la contaminación del ambiente; el aire, el agua y el suelo los cuales fueron estropeados por la formación de gases y líquidos lixiviados, quemas y humos, polvo y olores nauseabundos. Según (Rojas Barreto, 2016, pág. 10) indica que la inadecuada disposición de los residuos sólidos en el botadero de Cancharani influyen sobre la calidad físico química del agua y las personas que habitan en las proximidades del botadero de residuos sólidos de Cancharani, poseen una percepción negativa en la salud de la población de la zona de Cancharani – Puno.



Así mismo según (Ticona, *et al.* 2020). Los resultados determinan que la precipitación incide significativamente en el aumento del caudal del lixiviado, en 97%, esto puede por problemas de permeabilidad en la zona, el efluente lixiviado del BCA supera LMP, contemplados en los ECAs, para la descarga de efluentes líquidos de rellenos sanitarios, el efluente lixiviado no es apto para, abastecimiento con tratamiento doméstico, riego de vegetales y riego para zonas recreativas, las altas concentraciones de salinidad y conductividad, provocarán la degradación y posterior desertificación de los suelos circundante al BCA.

Diversos estudios señalan que los lixiviados provocan alteraciones en el agua, debido a que estos cuentan con altas concentraciones de DBO 5, DQO, SDT, SST y STV, los cuales generan una importante contaminación en las aguas superficiales, subterráneas y suelos, si bien es cierto el relleno sanitario por sus características no debería generar impactos negativos en el medio ambiente, sin embargo las deficiencias en el manejo del depósito final de los residuos sólidos, falta de conocimiento sobre la operación y funcionamiento de todo los sistemas del relleno sanitario, daños causados en el sistema de impermeabilización del relleno sanitario, mala ejecución del relleno sanitario y otros factores como geo membrana desgarrada y nula gestión de lixiviados (sobresaturación del RSM) y mala ubicación del relleno sanitario, provoca el escurrimiento superficial, subsuperficial y subterráneo de lixiviados que generan una importante contaminación del suelo y del agua, su consumo por los animales puede ocasionar efectos nocivos en su salud, así como para la salud humana.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Teniendo conocimiento que los lixiviados que se generan en un relleno sanitario, son altamente contaminante para el suelo agua, aire y la atmosfera, así mismo para la



salud humana y los seres vivos que puedan habitar en la zona de influencia directa e indirecta y teniendo conocimiento que en octubre del año 2019 se inicia con la disposición final de los residuos sólidos en el relleno sanitario del sector de Itapalluni del distrito de Puno, entre diciembre del 2019 a marzo del año 2020, que son la temporada de lluvias, se pudo visualizar el derrame de lixiviados en el sistemas de aguas pluviales, así como se tuvo conocimiento del malestar que ha generado a la población aledaña por los posibles contaminantes vertidos en la quebrada del RRSS, por lo que creemos que esto ha llegado a afectar la calidad de las aguas superficiales y subsuperficiales, teniendo conocimiento, esto puede generar un impacto negativo en la calidad de los recursos hídricos subsuperficiales, por lo que se considera necesario, determinar los parámetros físico químicos de la calidad de agua subsuperficial y posteriormente comparar cada parámetro con el ECAs – Agua, para la Categoría 3-D2, en vista que la actividad que predomina en la zona es el pastoreo de animales como vacunos, ovinos y camélidos, los mismo que consumen las aguas de la quebrada sea en afloramiento como bojedales y ojos de agua, así mismo se debe determinar el índice de calidad de agua (ICA-PE) para ver el grado de la calidad de agua subsuperficial y finalmente determinar en que influye el relleno sanitario en la calidad de las aguas subsuperficiales desde los parámetros físico químicos. Para lo cual nos planteamos una interrogante general, de ella se desprenden tres específicas.

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la influencia del relleno sanitario en la calidad de las aguas subsuperficiales en el sector Itapalluni del distrito de Puno?



1.2.2. Problemas específicos

- ¿De acuerdo a los estándares de calidad ambiental ECA para agua los parámetros fisicoquímicos de las aguas subsuperficiales se encuentra dentro del parámetro para la categoría 3-D2 del ámbito del relleno sanitario?
- ¿Cuál es el índice y el grado de calidad de las aguas subsuperficiales en función a los parámetros físico químico?
- ¿Cuál es la influencia del relleno sanitario en la calidad del agua subterráneo según la distancia de muestreo?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general

El relleno sanitario influye en la calidad de las aguas subsuperficiales en el sector Itapalluni del distrito de Puno.

1.3.2. Hipótesis específicas

- Los parámetros físico – químicos de la calidad de las aguas subsuperficiales no cumplen con los estándares de calidad ambiental para la Categoría 3-D2 del D.S. N° 004-2017 MINAM.
- El índice de la calidad de agua (ICA), muestra que las aguas subsuperficiales del sector de Itapalluni del distrito de Puno, tiene un grado de calidad mala.
- La influencia del relleno sanitario en la calidad de aguas subsuperficiales varía en función a la distancia.



1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Este trabajo de investigación nace a preocupación que, muchos rellenos sanitarios a nivel de todo el mundo y a nivel nacional, cuando entra en la etapa de operación o funcionamiento, es ahí donde se puede detectar los puntos de contaminación por lixiviados, esto sea debido a la mala operación, por desconocimiento del funcionamiento de todo el sistema, mala ejecución de la infraestructura de disposición final del relleno sanitario, y otros factores que pueda afectar los posibles vertimientos de lixiviados, que en este caso se tubo derrame de lixiviados en la temporada de lluvias del año 2020, lo cual afectaría directamente a los cuerpos receptores como es el suelo, agua superficiales, aguas subsuperficiales y aguas subterráneas, de esa manera alterando la calidad de las aguas subsuperficiales, por otro lado los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA) D.S N° 004-2017-MINAM: Tiene como objetivo establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos que no representa riesgos significativos para la salud de las personas ni para el medio ambiente (MINAM, 2017).

En la zona de estudio el cual pertenece al sector Itapalluni, la actividad que predomina es la crianza de animales mayores como ganado vacuno, equinos o camélidos y ganados menores como ovinos, porcinos, aves y otros según (INEI, 2012), por lo que la utilización de los recursos hídricos subsuperficial de la zona estudiada, estas afloran en cursos de agua, ojos de agua llamado manantiales o bofedales e incluso los criaderos realizan posos para la bebida de sus animales, su consumo puede afectar directamente con la salud de los animales, según (Contexto Ganadero, 2022) entre los síntomas en los animales están malestar abdominal, vomito, fiebre, diarrea y hasta llegar a la pérdida de peso, la patología más frecuente es la coccidiosis, provocada por protozoos coccidios del



género Eimeria e Isospora esto infecta directamente al intestino, los organismos varían en función a cada especie, en los vacunos es la Eimeria bovis, en lo general, se tiene la presencia de diarrea, además tiene depresión y el pelo de los terneros es erizado, como efecto de la primera, se deshidrata y tiene bajo apetito que en muchos casos llega a la muerte, por otro lado según (Portal Veterinaria, 2009) el ganado puede tolerar la baja calidad del agua e incluso mejor que el humano, la concentración alta de algunos compuestos específicos del agua consumido por los animales pueden verse afectados, la mayoría de los parámetros que reducen la calidad del agua no repercuten en el ganado, incluso no muestran signos de enfermedad, solo pueden verse afectado en su crecimiento a la lactación o parámetros reproductivos, lo cual puede causar pérdidas económicas al productor.

En ese entender es importante determinar la influencia del relleno sanitario en la calidad de las aguas subsuperficiales a través de sus parámetros fisicoquímicos, con los resultados de cada parámetro evaluado se determinara si estas se encuentran dentro del parámetros de los estándares de calidad ambiental ECA para agua, así mismo se calculara el grado del índice de calidad las aguas subsuperficiales, también se evaluara si el derrame de los lixiviados generados afecto de manera proporcional según la distancia evaluada, a fin de determinar si influye o no el relleno sanitario en la contaminación de las aguas subsuperficiales, o que los contaminantes son provenientes por otros fuentes, el desarrollo y el resultado del presente trabajo de investigación permitirá a las instituciones gubernamentales de gestión ambientales a la municipalidad provincial de Puno a los interesados en iniciar investigaciones más complejas para determinar del porque se vienen generando derrame de lixiviados, si es por mala operación, mal diseño de la infraestructura del relleno sanitario, mala ubicación del relleno sanitario, mala operación del sistema de recirculación de lixiviados o daños generados en el sistema de



impermeabilización del relleno sanitario, así como también será de mucha utilidad para la población afectada e interesada en conocer el grado y la causa que origina y las posibles fuentes contaminantes en aguas subsuperficiales y de esa manera evitar el uso del mismo hasta que se dé soluciones a este problema complejo.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo general

Evaluar la influencia del relleno sanitario en la calidad de las aguas subsuperficiales en el sector Itapalluni del distrito de Puno.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros físico químicos y comparar el promedio de los resultados de monitoreo en dos épocas, de las aguas subsuperficiales del sector Itapalluni, distrito de Puno, con los estándares de calidad ambiental – Categoría 3 – D2 del decreto supremo D.S. N°004 – 2017 MINAM.
- Desarrollar el índice de calidad de agua ICA-PE para determinar el grado de calidad de las aguas subsuperficiales en función a los parámetros físico químico.
- Determinar la influencia del relleno sanitario en la calidad del agua subsuperficial de acuerdo a la distancia de cada punto de muestreo entre el punto de vertimiento.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. A nivel internacional

Esta investigación trata de cuál es la calidad de las aguas naturales afectadas por la contaminación de los lixiviados originados en el relleno sanitario municipal (RSM) de la ciudad de Linares, como hipótesis del estudio considera que se tiene deficiencias en el manejo de disposición de los residuos sólidos, para lo cual se aplicaron muchos métodos para identificar agentes externos al medio natural, se identificó un impacto negativo en la calidad del agua superficial (presa el Cinco) y del agua subterránea (pozos de agua) de acuerdo con normas ambientales nacionales e internacionales (NOM, WHO, USEPA). Los resultados revelan que ha deficiencias en el manejo y depósito final de los residuos sólidos municipales en el cual se encontró (geomembrana desgarrada) y nula gestión de lixiviados (sobresaturación del RSM), en particular, se han identificado altas concentraciones de NO₃, Pb, Mn y Fe en el agua subterránea, aspecto muy relevante, por lo que se determinó que si las personas de la región consumen estas aguas contaminadas procedente de pozos, puede ocasionar efectos nocivos en su salud (de León Gómez, Cruz Vega, Davíla Porcel, Velasco Tapia, & Chapa Guerrero, 2015, pág. 12).

En la investigación realizada de cuál es el efecto de los lixiviados de un relleno sanitario en un suelo tropical, planteando como hipótesis que los lixiviados generan cambios significativos en las propiedades del suelo, obteniendo y considerando que los resultados permitieron establecer que la exposición y la



obtención de resultados de las muestras tomadas que aparentemente estuvieron contaminadas por los lixiviados, esto genera cambios significativos en sus propiedades geotécnicas del suelo, producido por la presencia de lixiviados del relleno sanitario, lo que debe servir como base para generar conciencia en las autoridades ambientales y que se impongan normativas más rígidas ante la disposición inadecuada de lixiviados y en general cualquier tipo de contaminante lanzado directamente al sub-suelo (Quintero Ramírez, Valencia González, & Lara Valencia, 2017, pág. 1).

De la investigación realizada de cómo afecta la percolación de lixiviados la calidad de las aguas subterráneas, considerando que estas son afectadas directamente en la calidad de aguas subterráneas, la mala planificación de las ciudades y sus gobernantes terminan repercutiendo en una mala ubicación de rellenos sanitarios y la inadecuada disposición final de los residuos sólidos, redes del sistema de alcantarillado de lixiviados deficientes y en algunos casos los cementerios terminan generando un impacto considerable sobre el recurso agua, al aumentar la presencia de metales pesados, sustancias cancerígenas, bacterias y otros elementos nocivos para la salud humana. (Gómez Vargas, Gonzales Velásquez, & Morales Pérez, 2018, pág. 43).

De la evaluación realizada sobre la contaminación por lixiviados en zonas aledañas al botadero de Zambiza, teniendo una alta probabilidad de encontrar lixiviados en las zonas aledañas del botadero, por lo que mediante métodos geofísicos, se determinó que en las zonas aledañas al antiguo botadero de Zambiza debido a la falta de impermeabilización que se tuvo en el suelo durante los 25 años de funcionamiento, se generó un modelo de simulación de la zona analizada con el programa “Processing ModFlow” para calcular el desplazamiento por



advección del contaminante en un terreno medio poroso saturado, se ha obtenido como resultado que el desplazamiento del contaminante en una distancia de 380 m en un periodo de 16 años aproximadamente es en la dirección Noreste (Infante Castillo, 2018, pág. 57).

Del tema de investigación sobre la contaminación en los acuíferos por los lixiviados de los rellenos sanitarios el Carrasco, por lo que se considera que por el deficiente manejo de los lixiviados del relleno sanitario el Carrasco, que generan en la disposición final de residuos sólidos despertó, preocupación por las autoridades ambientales, debido a la contaminación de los recursos suelo y agua, se estableció un modelo de malla mediante un perfil estratigráfico, resultados. flujo en dirección este-oeste en casi todas las capas; asimismo, el flujo establecido por la recarga proveniente del macizo de Santander, donde los niveles de resistividad son muy bajos, y zonas totalmente saturadas que no fueron manejadas de manera adecuada, además las concentraciones de los parámetros físico-químicos analizados en el agua subterránea de los pozos, se determinó que algunos parámetros se encuentran dentro del rangos establecido por la norma; por otro lado, para el arsénico generan especial preocupación, ya que este puede generar intoxicación en el lapso de 5 a 20 años que resulta cánceres de la piel, la vejiga y los riñones, entre otras enfermedades (Niño Carbajal, Ramón Valencia, & Ramón Valencia, 2016, pág. 3).

2.1.2. A nivel nacional

El estudio realizado de cual él es grado de contaminación del agua superficial por lixiviados de un relleno sanitario, donde se considera que el grado de contaminación del agua superficial por lixiviados de un relleno sanitario es



alto, al presente estudio se realizó mediante “revisión sistemática de la literatura científica”, para determinar el grado de contaminación del agua superficial por lixiviados de un relleno sanitario, el grado de contaminación de los lixiviados producidos en un relleno sanitario es muy alto puesto que al infiltrarse en las capas del suelo y entrar en contacto con el agua se alteran los parámetros químicos de NO₃, Pb, aumento de cloruros, Mn, Fe, DQO, DBO, además de la fuerte acumulación de metales pesados como (Cr, Ni, Zn, As, Ba, y Pb) debido a las limitadas concentraciones aeróbicas estos superan los límites de la legislación de la norma, por lo que la calidad de las aguas son alterados física y químicamente, posterior al afloramiento estas se convertirán en agua superficial la cual va ser consumida por la población del área de influencia directa así como animales (Montalvo Quiroz & Quispe Becerra, 2018, pág. 16).

La investigación ejecutada sobre la determinación del Índice de calidad ambiental de las aguas destinadas a consumo humano en el sector de Chanchajalla, Distrito la Tinguña, Ica – 2019, Se concluyó que el índice de calidad ambiental del agua de sub suelo del centro poblado de Chanchajalla es determinado como una calidad mala, además se comparó los datos obtenidos promedio de las aguas consideradas para consumo humano, con los estándares de calidad ambiental – Categoría A1 del decreto supremo D.S. N°004 – 2017 MINAM, con lo cual se determinó que los parámetros que no cumplen fue el sulfato con un valor de 407.5 mg/L, nitritos con un valor promedio de 6.50 mg/L, los valores del pH, conductividad y turbiedad de las aguas en el sector de Chanchajalla se encuentran dentro tanto de los límites máximos permisibles como de los estándares de calidad ambiental para el consumo humano, con lo que se rechaza la hipótesis que indica



que los valores superan los límites máximos permisibles y los estándares de calidad ambiental (Espinoza Hernandez, 2019, pág. 115).

La investigación ejecutada condujo al aseguramiento del nivel de contaminación presente en las aguas subterráneas por los lixiviados provenientes de las fosas comunes ubicadas bajo tierra en el cementerio general de Pucallpa-Ucayali, con el objetivo de determinar el nivel de contaminación presente en las aguas subterráneas por los lixiviados provenientes de las fosas comunes ubicadas bajo tierra, según los resultados se determinó de los análisis físico - químicos realizados del agua subterráneo, los pozos tubulares estudiados se encuentran menor a los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010 – SA. (Lazo Arevalo, 2017, pág. 76).

Investigación dirigida a la determinación de la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua superficial en el área de protección regional humedales de Ventanilla, región Callao, Perú, con propósito en determinar la calidad microbiológica y la calidad fisicoquímica del agua superficial (canales y espejos de agua) del área de conservación regional humedales de Ventanilla y la calidad del agua subterránea, obteniendo los resultados posterior al análisis de las muestras de los 17 estaciones muestreadas, se indican para los diferentes parámetros microbiológicos y fisicoquímicos, comparándolos con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el agua y normas establecidas del D.S. N° 002-2008-MINAM ,el D.S. N° 004-2015-MINAM y el D.S.N°004- 2017-MINAM. Los niveles de concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua del Área de Conservación Humedales de Ventanilla (oxígeno disuelto y pH en la mayoría de las estaciones de muestreo se encuentran dentro de los valores



admisibles por los estándares nacionales de calidad ambiental para la categoría 4 (Conservación del ambiente acuático), permitiendo el desarrollo de microorganismos acuáticos y la disponibilidad de alimento para las aves, observándose la presencia de peces en los diversos canales y espejo de agua del humedal (Fajardo Vidal, 2018, pág. 168).

La investigación realizada sobre la evaluación de la variabilidad en el espacio y el tiempo de la calidad del agua subterránea con fines de uso doméstico y de riego en el valle de Lurín, para lo cual se recopiló información de 686 pozos como base de datos iniciales y se seleccionó 190 pozos, además de parámetros de campo como pH y conductividad eléctrica, teniendo como resultado que la calidad del agua subterránea en el valle de Lurín se encuentra asociado al comportamiento de los parámetros hidrogeoquímicos durante el periodo del 2001 al 2013. Los resultados varían en función al espacio y temporada, la calidad de agua en el distrito de Lurín, fue clasificado como bajo en vista que algunos parámetros exceden el ECA consumo humano y de riego, a diferencia de Pachacamac y Cieneguilla (Carita Tapia, 2017, pág. 87).

El impacto en la calidad del agua de la quebrada "El Atajo" ocasionado por el botadero de rondón de la ciudad de Chachapoyas, Amazonas, Perú, en base a parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, la calificación de cada parámetro obtenida fue comparado con el (ECAs), los puntos de muestreo son ubicados en puntos estratégicos, el estudio se realizó en época de avenida y estiaje, se evaluaron parámetros fisicoquímicos in situ, a su vez se determinaron parámetros microbiológicos, los resultados obtenidos se considera alto riesgo para consumo humano, determinando la concentración mayor a 1600 NPM/100 ml en Coliformes termotolerantes y Coliformes así como la Demanda Bioquímica tiene



un valor de 15,3 mg/L en época de estiaje el cual es mayor el ECA (Jhesibel Chavez, Damaris Leiva, & Oliva Cruz, 2016, pág. 1).

2.1.3. A nivel local

La investigación realizada en el botadero de Cancharani, distrito, provincia y región de Puno - Perú; en el año 2015, con objetivo, evaluar la calidad físico química de fuentes de agua vertidos con lixiviados del botadero de residuos sólidos y establecer los efectos de los residuos sólidos en la salud pública de la población aledaña del botadero de Cancharani - Puno. Por lo que se evaluó los resultados obtenidos, determinando que las aguas alterados por los lixiviados presentaron los siguientes valores: la temperatura entre 6.95 y 10.00 °C, el pH entre 6.26 y 8.26 unidades de pH; los sólidos disueltos totales variaron de 68.00 y 6590.00 mg/l; las cifras de fósforo están entre 3.11 y 24.72 mg/l; los valores de nitrógeno amoniacal están entre 0.17 y 10.91 mg/l; la DBO5 varió entre 24.43 y 3375.18 mg/l y la DQO fluctuó entre 61.18 y 7139.44 mg/l. De la calidad físico química del agua evaluada, se considera que estas pueden originar diversos malestares, en la salud pública de la población que habita en la zona periférica al botadero de Cancharani, como son los dolores de cabeza, nerviosismo, irritación e insomnio; asimismo de afecciones en la piel, trastornos oculares, la presencia de afecciones digestivas como diarreas, náuseas y gastritis. Se concluye afirmando que la inadecuada disposición de los residuos sólidos en el botadero de Cancharani influyen sobre la calidad físico química del agua y las personas que habitan en las proximidades del botadero de residuos sólidos de Cancharani, poseen una percepción negativa en la salud de la población de la zona de Cancharani – Puno (Rojas Barreto, 2016).



De la investigación realizada sobre la determinación de la Calidad física, química y bacteriológica de aguas Subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi III de la ciudad de Juliaca, Puno – 2016, se ha determinado que; Los parámetros físicos, parámetros químicos y parámetros bacteriológicos, de aguas de pozos artesanales y tubulares: de acuerdo a los resultados encontrados no exceden los LMP emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. Esto indicaría que las aguas de pozos son aptas para consumo humano (Calsín Ramírez , 2016, pág. 50).

De la investigación realizada sobre la evaluación de agua subterránea a través de pozos con fines de riego en la comunidad de Quenapajja – Acora, se ha determinado que; Los valores de la conductividad hidráulica obtenidos varían desde 0.34 m/día hasta 0.72 m/día estos datos comparados con los cuadros N° 02 corresponde a una clasificación de media a baja o moderadamente lenta. El comportamiento de la napa freática durante el periodo estudiado, nos indica que las principales fuentes de recarga del acuífero provienen de las partes altas de la microcuena los cuales se deben principalmente a precipitaciones pluviales, la oferta anual de agua subterránea es de 2.93 MM³, este valor corresponde a las reservas variables del acuífero (Chura Iscarra, 2015, pág. 97).

De la Evaluación realizada sobre el impacto de la contaminación de los residuos sólidos sobre suelo y agua del botadero sanitario de Cancharani Puno, con objetivo de evaluar el impacto generado por la disposición de los residuos sólidos urbanos (RSU) sobre el recurso agua y suelo muestreados en enero de 2018, se ejecutaron mediciones de campo y análisis en laboratorio para establecer las características fisicoquímicos tales como: el punto de muestreo M2 se obtuvo, pH(9,8), conductividad eléctrica (4940uS/cm), salinidad (70%), Dureza total



(217,8mg/L), alcalinidad (836mg/L), CL (826,56mg/L), SO₄ (310mg/L), P (260mg/L), nitrógeno amoniacal (7,2mg/L), Fe (0,2mg/L), DBO₅ (260mg/L), DQO (520mg/L), SST (240mg/L), utilizando métodos regulados o validados. Se compararon los resultados con los límites máximos permisibles de la norma peruana y OMS, comprobándose que no se cumple con la normatividad, los resultados alcanzados en la presente investigación señalan el importante efecto ambiental negativo de los lixiviados creados en el botadero de Puno (Ticona Carrizales & Apaza Panca, 2020).

De la investigación realizada sobre el diagnóstico del impacto por la existencia de letrinas en la calidad del agua subterránea para el consumo humano en los barrios 15 de agosto y San Salvador del distrito de Juliaca, San Román-Puno. Se ha determinado que; Se llegó identificar los principales factores directos: Parámetros físicos químicos y microbiológicos por encima de los valores permitidos, existencia de coliformes en el agua de pozo, inadecuadas prácticas de higiene (Pancca Mamani, 2021, pág. 141).

De la investigación realizada sobre la evaluación de la concentración de metales pesados como As, Cu, Cd, Hg y Pb en el botadero de Cancharani de la ciudad de Puno. Se ha determinado que; la concentración de los elementos plomo, cadmio y cobre superaron los límites máximos permisibles, arrojando los siguientes valores: plomo 90 mg/kg, cadmio 2.2 mg/kg y cobre 153 mg/kg. Se encuentran dentro de los límites máximos permisibles los elementos arsénico y mercurio cuyos valores fueron: arsénico 31 mg/kg y mercurio 0.37 mg/kg (Torres Quispe, 2018, pág. 96).



2.2. REFERENCIAS TEÓRICAS

2.2.1. Rellenos sanitarios

Los rellenos sanitarios son un área ubicada en la superficie, en donde se depositan los residuos sólidos luego de recibir algunos tratamientos. La superficie sobre la que se acumulan es preparada previamente para evitar la degradación del suelo, la contaminación de las fuentes de agua y de la atmósfera (Renou, Givaudan, Poulain, & Dirassouyan, 2008).

Varios estudios comparativos de las diferentes formas de eliminar los residuos sólidos urbanos han mostrado que la forma más barata, en términos de aprovechamiento y costo capital, es el relleno sanitario. Además de sus ventajas económicas, un relleno sanitario minimiza el daño ambiental y otras inconveniencias, y permite a los residuos descomponerse en condiciones controladas hasta su eventual transformación a un material relativamente inerte y estable (Renou, Givaudan, Poulain, & Dirassouyan, 2008).

Un relleno sanitario es aquel que confina la basura de una manera segura. Para esto debe contar con un sistema de impermeabilización de base y taludes, sistema de captación, conducción y tratamiento de lixiviados como también de gases, control del ingreso de agua lluvia por escurrimiento, programas de monitoreo ambiental y planes de contingencias en caso de haber fugas o un mal funcionamiento (Noguera & Olivero, 2010).

a. Relleno sanitario manual

El esparcido, compactación y cobertura de los residuos se realiza mediante el uso de herramientas simples como rastrillos, pisones manuales, entre otros y la



capacidad de operación diaria no excede las 20 toneladas de residuos. Se restringe su operación en horario nocturno (DIGESA, 2018).

b. Relleno sanitario semi-mecanizado

La capacidad máxima de operación diaria no debe exceder las 50 toneladas de residuos y los trabajos de esparcido, compactación y cobertura de los residuos se realizan con el apoyo de equipo mecánico, siendo posible el empleo de herramientas manuales para complementar los trabajos del confinamiento de residuos (DIGESA, 2018).

c. Relleno sanitario mecanizado

La operación se realiza íntegramente con equipos mecánicos del tipo tractor de oruga, como los cargadores frontales y, su capacidad de operación diaria es mayor a las 50 toneladas (DIGESA, 2018).

2.2.2. Vías de acceso

La vía de acceso a la infraestructura se proyectará de acuerdo a las “Normas técnicas para el diseño de carreteras” que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones establezca. La vía se construirá con una superficie de rodadura que permita la circulación de las unidades bajo cualquier condición climática (DIGESA, 2018).

2.2.3. Barrera sanitaria

Para reducir los efectos negativos, proteger a la población de posibles peligros sanitarios y medioambientales y restringir el acceso de personas ajenas y animales, la infraestructura debe contar con una barrera sanitaria natural o



artificial en todo su perímetro, la valla debe tener una altura mínima de 1,80 metros (DIGESA, 2018).

2.2.4. Distribución del área

La infraestructura considerará como mínimo áreas para la disposición de residuos, zona administrativa y de servicios, vías de acceso internas, áreas para el tratamiento de efluentes y áreas verdes o libres, distribuidas de manera armoniosa (DIGESA, 2018).

2.2.5. Impermeabilización de la base de la infraestructura

Se debe diseñar un sistema de impermeabilización con una capa de arcilla con un coeficiente de permeabilidad (k) máximo de 10^{-7} cm/seg, u otros materiales adecuados para este fin, teniendo en cuenta las condiciones naturales del lugar donde se pretende construir la infraestructura, si no existe una barrera geológica natural que impida la contaminación de las aguas subterráneas por lixiviados. U otros materiales con cualidades adecuadas para este fin, teniendo en cuenta los factores medioambientales locales del lugar donde se pretende construir la infraestructura. La profundidad del nivel freático y la pluviometría local inciden en el espesor mínimo de la capa de arcilla (DIGESA, 2018).

2.2.6. Taludes

Los taludes de corte e infraestructura deben proyectarse de manera tal que se asegure su estabilidad, tomando en cuenta la altura, el tipo de suelo y cualquier otro factor que los afecte. Asimismo, se debe considerar su impermeabilización teniendo en consideración los criterios establecidos (DIGESA, 2018).

2.2.7. Celdas

Las dimensiones del área que abarque estarán en función del volumen diario de residuos a disponer, del avance previsto y de la frecuencia de cobertura; sin embargo, según el tipo de infraestructura a operar se deberá tener en consideración los siguientes aspectos (DIGESA, 2018).

- Relleno manual

La altura máxima de la celda será de 0,60 m incluyendo la cobertura. De preferencia cada celda no excederá de veinte metros cúbicos (20 m^3) de residuos compactados y se construirá en capas inclinadas con un espesor no mayor de 0,3 m (DIGESA, 2018).

- Gravedad Relleno semi-mecanizado y mecanizado

Con una altura máxima de celda de tres metros (3 m) y un volumen que no excederá de trescientos metros cúbicos (300 m^3) de residuos compactados y se construirá en capas inclinadas con un espesor no mayor de 0,5 m (DIGESA, 2018).

2.2.8. Material de cobertura

El material a emplear en la cobertura de los residuos debe reunir las siguientes características (DIGESA, 2018).

Incombustible, resistente a la acción microbiológica, erosión y el arrastre del viento, ausencia de sustancias o materiales peligrosas que liberen contaminantes al ambiente, facilidad de trabajar con maquinarias, incluso en humedades superiores a la óptima, granulometría bien graduada, grado de cohesión suficiente para formar una capa de cobertura, permeabilidad máxima de 10^{-5} cm/s luego de compactado; de modo tal que permita controlar la infiltración



de aguas lluvias y el paso de gases a través de la celda; y, evite la emanación de olores y proliferación y atracción de vectores (DIGESA, 2018).

2.2.9. Espesor de cobertura

El diseño de la infraestructura debe considerar para cada celda una cobertura mínima de 0,15 m de espesor. La cobertura final de la celda o plataforma tendrá como mínimo de 0,60 m de espesor (DIGESA, 2018).

2.2.10. Drenaje de aguas superficiales

Los canales temporales y permanentes se planificarán en función de las condiciones pluviométricas, el área tributaria, el tipo de suelo, la vegetación y la topografía, entre otros factores, con el fin de interceptar y desviar la escorrentía pluvial que pudiera acceder a la infraestructura, para evitar que las lluvias que se acumulen dentro de la infraestructura ingresen a las celdas, los canales permanentes actuarán como drenes internos (DIGESA, 2018).

2.2.11. Canal de drenaje pluvial

El canal de drenaje de aguas de lluvia debe considerar los siguientes criterios técnicos (DIGESA, 2018).

Escorrentías generadas por una precipitación de 24 horas de duración y con período de retorno de 25 años, sección trapezoidal, con dimensiones mínimas de 0,30 m en la base y 0,5 m de profundidad, pendiente máxima de 4% en suelos fácilmente erosionables o donde sea inevitable construir los canales con pendientes mayores al 4%, éstos deberán ser revestidos, la distancia mínima del canal permanente respecto al límite del área de disposición será de 3,0 m; y, para facilitar el escurrimiento de las aguas de lluvia, las superficies expuestas de las



celdas deben tener una pendiente mínima de 2% con dirección al canal (DIGESA, 2018).

2.2.12. Drenaje de gases

Para controlar la migración del biogás generado en una IDF-RS, se debe diseñar un sistema de evacuación vertical, el mismo que debe estar conectado al sistema de drenaje de lixiviados ubicado en la base de la infraestructura. En forma opcional se podrán desarrollar proyectos de aprovechamiento del biogás (DIGESA, 2018).

2.2.13. Chimeneas

Para la recolección y evacuación de gases se utilizarán chimeneas, las mismas que deben reunir las siguientes características (DIGESA, 2018).

Los materiales a utilizar serán material resistente a la corrosión, malla gallinera, y piedras con un tamaño máximo de 0,15 m, esparcidas uniformemente cada 30 m como máximo, de sección cuadrada de al menos 0,30 metros por 0,30 metros, altura variable en función de la altura de la infraestructura y la emisión final a la atmósfera debe terminar en un quemador para la combustión de biogás; alternativamente, se pueden utilizar tuberías perforadas con un diámetro mínimo de 0,15 m y compuestas de material resistente a la acción físico-química de los residuos. La ubicación del accesorio de combustión debe estar al menos dos metros por encima del nivel final de la infraestructura (DIGESA, 2018).

2.2.14. Drenaje de lixiviados

Todas las infraestructuras deben incorporar una estimación de la generación de los líquidos lixiviados y la justificación técnica de su manejo. Para



la captación y evacuación de lixiviados se instalará drenes en la base de la infraestructura y al pie de los taludes de cada plataforma; considerando las siguientes características (DIGESA, 2018).

En la base de la infraestructura serán dispuestos en forma de espina de pescado. aprovechando el sistema de drenaje natural u otras formas, los drenes pueden ser zanjas rellenas de piedra, tuberías perforadas, entre otros, la pendiente longitudinal mínima del dren será de 2%, las dimensiones deben ser compatibles con los caudales esperados de lixiviados, la capa del material drenante debe ser de espesor no inferior a 30 centímetros con un coeficiente de permeabilidad no inferior a 10⁻² cm/s, debiéndose asegurar que las cargas hidráulicas sobre el sistema de impermeabilización serán inferiores a 30 cm (DIGESA, 2018).

2.2.15. Tratamiento de lixiviados

De acuerdo a las características de los lixiviados que se genere en la infraestructura, se proyectará un sistema de tratamiento que minimice a límites permisibles su poder contaminante, tales como filtros percoladores, lagunas de estabilización, reactores anaerobios de flujo ascendente, entre otros; además de las obras o equipamiento necesario para monitorear dichos lixiviados (DIGESA, 2018).

2.2.16. Recirculación de lixiviados

Se podrá considerar la recirculación o inyección de lixiviados en la infraestructura sólo si ésta no implica un deterioro en la estabilidad estructural de la instalación, ni un incremento de la aparición de líquidos en los taludes de la infraestructura. La inyección de lixiviados se deberá realizar a través de sistemas de recirculación especialmente implementados para tales efectos y que permitan



su distribución homogénea en la masa de residuos, no permitiéndose el uso del sistema de evacuación del biogás (DIGESA, 2018).

2.2.17. Operaciones básicas de un relleno sanitario

Se refiere a las actividades necesarias que se realizan en el frente de trabajo de la disposición final de los residuos, que son críticas para la adecuada operación del relleno sanitario, que llevarán a cabo con personal profesional, técnico calificado, así como con equipo y maquinarias necesarias (DIGESA, 2018).

a. Descarga.

La descarga de los residuos se efectuará en el frente de trabajo, siguiendo el orden previsto para la conformación de las celdas, procediendo en forma inmediata a su confinamiento. Debe asegurarse que el área de descarga sea lo suficientemente estable como para permitir la circulación de las unidades de transporte. No se permitirá la descarga incontrolada (DIGESA, 2018).

b. Esparcido y compactación

El esparcido de los residuos se efectuará en capas no mayores a las señaladas en los numerales 1 y 2 del artículo 35° del presente Reglamento. La compactación se realizará con pisones manuales, rodillos compactadores o tractores sobre orugas, según el tipo de infraestructura a operar (DIGESA, 2018).

La compactación de residuos en forma manual se realizará hasta reducir la altura de la celda de residuos por lo menos en un 25% y en el caso de que la compactación se realice mecánicamente se debe lograr una densidad mínima de 0.60 ton/m³ (DIGESA, 2018).



c. Compactación mecánica

Cuando la construcción de las celdas se realice con equipo mecánico del tipo tractor de oruga, el confinamiento de los residuos se realizará teniendo en cuenta los siguientes aspectos (DIGESA, 2018).

La descarga de los residuos debe realizarse en la parte inferior de la celda, el esparcido se realizará de abajo hacia arriba del talud, en capas no superiores a 0,50 m y con una pendiente no superior a 1V:3H, la maquinaria empleada para la compactación deberá realizar no menos de 3 pasadas, mantener una máquina de reemplazo para la compactación de los residuos en caso de falla de una de las máquinas en uso, dicha máquina de reemplazo deberá estar permanentemente en buenas condiciones de operación y la compactación de residuos en capas horizontales podrá ser autorizada solo cuando se utilicen compactadores de alta capacidad (DIGESA, 2018).

d. Cobertura

La cobertura de los residuos se efectuará utilizando un material que cumpla con las características indicadas en el numeral 7 del artículo 28° del presente Reglamento, en capas compactadas de 0,15 metros como mínimo; debiendo mantener dentro de la infraestructura un acopio de material de cobertura que garantice la operación normal de la infraestructura un mínimo de 15 días. La cobertura se realizará por lo menos una vez al día, y si al finalizar la jornada de trabajo no se ha culminado una celda, se cubrirán todas las superficies externas (DIGESA, 2018).



e. Drenaje de aguas superficiales, gases y lixiviados

A medida que avance el proceso de eliminación de los residuos en las celdas, se irán construyendo gradualmente los sistemas de drenaje de aguas superficiales, gases y lixiviados, continuando los trabajos iniciados durante la fase de habilitación. Durante el confinamiento de los residuos se adoptarán las medidas de seguridad adecuadas para evitar daños e interrupciones en los sistemas de drenaje (DIGESA, 2018).

f. Afloramientos de líquidos lixiviados

Debe evitarse que los flujos de lixiviados se eleven en cualquier infraestructura. Esta técnica debe detenerse cuando se produzca un afloramiento por la inyección o recirculación de estos lixiviados (DIGESA, 2018).

g. Prohibición para el uso de lixiviados

No está permitido disponer los lixiviados en el suelo o fuentes hídricas, los lixiviados serán sometidos a tratamiento para su descontaminación previo a su disposición en el ambiente o reusó, para ello se deben solicitar la autorización correspondiente al sector sanitario (DIGESA, 2018).

2.2.18. Control sanitario en un relleno sanitario

a. Control de las aguas subterráneas

Para detectar alguna eventual filtración de lixiviados que pudiera contaminar el agua subterránea, se excavará en las proximidades de la infraestructura y por debajo del nivel de su base, un número suficiente de pozos con profundidades adecuadas para extraer muestras representativas del acuífero;



a fin de controlar la calidad de agua subterránea, el número, distancia y profundidad de tales pozos deberá determinarse basándose en estudios técnicos específicos sobre el lugar, que provean una adecuada caracterización del acuífero, caudal y variaciones estacionales del flujo, en todo caso, deberá existir al menos un pozo aguas arriba de la infraestructura y uno aguas abajo de éste (DIGESA, 2018).

b. Monitoreo del agua subterránea

Toda infraestructura deberá contar con un sistema de monitoreo de calidad de las aguas subterráneas. Para efectos de analizar los resultados del monitoreo, previo a la puesta en marcha de la infraestructura, se deberá hacer una completa caracterización de dichas aguas que servirá como línea base (DIGESA, 2018).

La frecuencia de monitoreo se definirá de acuerdo a las condiciones del área, siendo la frecuencia máxima por pozo cada 3 meses. Los parámetros a evaluar se detallan en el anexo 5 del presente Reglamento (DIGESA, 2018).

c. Monitoreo de lixiviados

Debe contar con un sistema de monitoreo para la calidad del efluente del sistema de tratamiento de líquidos lixiviados. La frecuencia de monitoreo será trimestral para infraestructuras mecanizadas y anual para las manuales. Este análisis incluirá, como mínimo los siguientes parámetros: demanda biológica de oxígeno (DBO); demanda bioquímica de oxígeno (DQO); pH; Sólidos Totales; Arsénico (As); Cromo (Cr); plomo (Pb); mercurio (Hg) y níquel (Ni) (DIGESA, 2018).



d. Medidas correctivas

En caso de detectarse algún tipo de contaminación de las aguas, suelo o aire, el operador u administrador de la IDF-RS es responsable de implementar las acciones correctivas pertinentes, a fin de controlar toda contaminación ambiental o riesgo sanitario (DIGESA, 2018).

2.2.19. Residuos sólidos

D. L. N°1065, Modifica la Ley N° 27314, (2005). Según la definición establecida en la Ley General de Residuos Sólidos, son residuos aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente, para ser manejado a través de un sistema que incluya, según corresponda, las siguientes operaciones o procesos: minimización de residuos, segregación en la fuente, reaprovechamiento, almacenamiento, recolección, comercialización, transporte, tratamiento, transferencia, disposición final (Quispe Roman & Salas Ventura, 2017).

Las características físicas, químicas y biológicas de los residuos sólidos permiten orientar para la selección de alternativas técnicas de recolección, transporte, tratamiento, y disposición final (Espinosa & Gonsales, 2001).

Características Físicas: Son la composición gravimétrica (porcentaje de cada componente presente en la muestra), el peso específico (peso de una muestra en función al volumen que ella ocupa expresado en t/m^3 o kg/cm^3), la humedad (la porción de agua de la muestra en relación a su volumen seco, expresado en %), la compresibilidad (grado de compactación, reducción del volumen que una masa



puede sufrir cuando es sometida a una presión de 4.0 kg/cm^2), la generación per cápita (cantidad de residuos generada por persona en una unidad de tiempo, la cual es variable según el poder adquisitivo, educación y hábitos de las comunidades y varía de 0.4 kg hasta sobre 1.5 kg , y características visuales que interfieren en la estética de los ambientes (Espinosa & Gonsales, 2001).

Características Químicas: Son el poder calorífico (la capacidad potencial de cada material es desprender calor cuando se quema, Kcal/L), el pH – potencial de hidrogeno (indicador de acidez), el contenido de ceniza, materia orgánica, carbono, nitrógeno, potasio, calcio, metales pesados, los residuos minerales y las grasas solubles (Espinosa & Gonsales, 2001).

Características Biológicas: La basura contiene agentes microbianos (virus, hongos, bacterias y protozoos) que, en determinadas circunstancias, pueden volverse peligrosos y propagar enfermedades como el cólera, la hepatitis, la fiebre tifoidea, el paludismo y la fiebre amarilla. A través de vectores como insectos y roedores, se propagan tanto a humanos como a animales (Espinosa & Gonsales, 2001).

a. Fases en la degradación de los residuos sólidos

- Fase aeróbica (Fase 1):

Se produce inmediatamente después de la colocación de los residuos sólidos, los materiales biodegradables simples empiezan a descomponerse en cuanto entran en contacto con el oxígeno del aire, en circunstancias aeróbicas, la parte orgánica de los residuos sólidos experimenta su degradación microbiana inicial, la producción de CO_2 provoca un aumento de la temperatura en general, esta etapa es breve (Espinosa & Gonsales, 2001).



- **Fase de transición (Fase 2):**

Esta etapa también es una etapa aeróbica, durante la cual aún no se desarrollan condiciones anaeróbicas (Espinosa & Gonsales, 2001).

Se produce un proceso de fermentación que da lugar a un gran descenso del pH y al desarrollo de ácidos en los líquidos percolados, la presencia de oxígeno disminuye gradualmente durante esta etapa, y cuando finalmente desaparece por completo, comienza la etapa anaeróbica, moléculas inorgánicas como el nitrito y el sulfito, que se reducen a gas nitrógeno y sulfuro de hidrógeno a un potencial de oxidación-reducción del medio de alrededor de -50 a -100 milivoltios, asumen el papel del oxígeno en el metabolismo respiratorio, cuando el potencial de reducción del medio alcanza valores entre -150 y -300 milivoltios en estas circunstancias, se inicia la formación de metano, los microorganismos encargados de descomponer los materiales orgánicos inician un proceso que hace que el potencial de oxidación/reducción siga descendiendo (Espinosa & Gonsales, 2001).

- **Fase acida (fase 3):**

Transformación enzimática o hidrólisis, de compuestos con el peso molecular como los lípidos, polisacáridos, proteínas, ácidos nucleicos, etc., en otros compuestos aptos para ser utilizados por los microorganismos como fuentes de energía y como transformación a carbono celular. Conversión microbiana o ácido génesis de los compuestos resultantes del primer paso de este proceso, en compuestos intermedios de bajo peso molecular, como son el ácido acético, y las pequeñas concentraciones de ácido fulvico y otros ácidos más complejos (Espinosa & Gonsales, 2001).



- **Fase 4:**

Esta fase, se conoce como ácido acético y el gas hidrógeno, creados por los formadores de ácido en la fase ácida, se convierten en CH_4 y CO_2 en esta fase altamente anaeróbica que está dominada por microorganismos que empiezan a emerger cerca de la conclusión de la fase ácida, la producción de metano alcanza su punto máximo también en la fase anaeróbica, con una concentración estable de metano del orden del 40% al 60% en volumen de biogás, los ácidos orgánicos de los líquidos percolados se descomponen instantáneamente en biogás, el bajo contenido orgánico de los percolados se compone principalmente de sustancias extremadamente biodegradables, adó que el medio ambiente es predominantemente anaeróbico, el amoníaco estará presente en altas concentraciones en los percolados, como resultado de la conversión de ácidos y gas hidrógeno (Espinosa & Gonsales, 2001).

- **Fase de maduración (fase 5):**

Fase mucho menos activa e cuanto a la generación de gases se refiere, viene caracterizada por una disminución de la humedad y la conversión del material biodegradable que anteriormente no estaban disponibles. La velocidad de generación del gas del vertedero disminuye significativamente, porque la mayoría de los nutrientes disponibles se han diluido en el medio líquido durante las fases anteriores, y los sustratos que quedan en el medio sólido son de una degradación lenta (Espinosa & Gonsales, 2001).



b. Clasificación de los Residuos Sólidos.

- Por su origen

Residuos domiciliarios; la Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos los define como aquellos residuos generados en las actividades domésticas realizadas en los domicilios (SINIA MINAM, 2008), además estos comprenden los restos de alimentos, periódicos, revistas, botellas, embalajes en general, latas, cartón, pañales descartables, restos de aseo personal y otros similares. Explica que los residuos sólidos domiciliarios “son aquellos elementos, objetos o sustancias que como consecuencia de los procesos de consumo y desarrollo de actividades humanas son desechados o abandonados (Tapia Alarcon , 2017).

Tabla 1. Clasificación de residuos sólidos domiciliarios.

TIPO	EJEMPLOS
Orgánico	Restos putrescibles, como restos vegetales, provenientes generalmente de la cocina, como cáscaras de frutas y verduras. También los excrementos de animales menores.
Papel	Hojas de cuadernos, revistas, periódicos, libros.
Cartón	Cajas, sean gruesas o delgadas.
Plásticos	<ul style="list-style-type: none">- Existe una gran diversidad de plásticos, los cuales se encuentran agrupados en siete tipos:- PET (polietileno tereftalato): Botellas transparentes de gaseosas, cosméticos, empaques de electrónicos.- HDPE o PEAD (polietileno de alta densidad): Botellas de champú, botellas de yogurt, baldes de pintura, bolsas de electrónicos, jabs de cerveza, bateas y tinas.- PVC (cloruro de polivinilo): Tubos, botellas de aceite, aislantes eléctricos, pelotas, suela de zapatillas, botas, etc.- LDPE - PEBD (polietileno de baja densidad): Bolsas, botellas de jarabes y pomos de cremas, bolsas de suero, bolsas de leche, etiquetas de gaseosas, bateas y tinas.- PP (polipropileno): Empaques de alimentos (fideos y galletas), tapas para baldes de pintura, tapas de gaseosas, estuches negros de discos compactos.- PS (polietileno): Juguetes, jeringas ,cucharitas transparentes, vasos de tecnopor, cuchillas de afeitar, platos descartables (blancos y quebradizos), casetes.- ABS (poliuretano, policarbonato, poliarnida): Discos compactos, baquelita, micas, carcazas electrónicas (computadoras y celulares), juguetes , piezas de acabado en muebles.
Fill	Envolturas de snack, golosinas.
Vidrio	Botellas transparentes, ámbar, verde y azul, vidrio de ventanas.
Metal	Hojalatas, tarro de leche, aparatos de hierro y acero.
Textil	Restos de tela, prendas de vestir, etc.
Cuero	Zapatos, carteras, sacos.
Tetra pack	Envases de jugos, leches y otros.
Inertes	Tierra, piedras, restos de construcción.
Residuos de baño	Papel higiénico, pañales, toallas higiénicas.
Pilas y baterías	De artefactos, juguetes y de vehículos.

Fuente: USAID/Perú, 2008.



Residuos comerciales: son aquellos residuos generados durante el desarrollo de las actividades comerciales. Están constituidos mayormente por papel, plásticos, embalajes diversos, restos de aseo personal, latas, entre otros similares (Tapia Alarcon , 2017).

La Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos los define como aquellos generados en los establecimientos comerciales de bienes y servicios, tales como centros de abastos de alimentos, restaurantes, supermercados, tiendas, bares, bancos, oficinas de trabajo, entre otras actividades comerciales y laborales análogas (SINIA MINAM, 2008).

Residuos de limpieza de espacios públicos: Independientemente del método de limpieza empleado, se trata, como su nombre indica, de la basura producida al barrer y limpiar calles, aceras, plazas, parques y otras zonas públicas, las calles y zonas públicas pueden barrerse manualmente o con ayuda de maquinaria (Tapia Alarcon , 2017).

Se denomina residuos de establecimientos de salud y centros de apoyo médico a los residuos generados en los establecimientos de atención e investigación médica, incluyendo hospitales, clínicas, puestos de salud, laboratorios clínicos y consultorios médicos, según la definición de la Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos, estos residuos incluyen artículos como agujas hipodérmicas, gasas, algodón, medios de cultivo, órganos patológicos e insumos de laboratorio que están contaminados con agentes infecciosos o contienen altas concentraciones de microorganismos potencialmente peligrosos. (Tapia Alarcon , 2017).



Residuos industriales: Residuos producidos durante el proceso de fabricación en diversas industrias, como la manufacturera, minera, química, energética, pesquera y otras relacionadas, los residuos antes mencionados se describen como lodos, cenizas, escorias metálicas, vidrio, plástico, papel, cartón, madera, fibra, los cuales se encuentran típicamente mezclados con sustancias alcalinas o ácidas, aceites pesados, entre otros, incluyendo, en general, residuos considerados peligrosos, de conformidad con la Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos (Tapia Alarcon , 2017).

Residuo industrial es cualquier elemento, sustancia u objeto en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso, obtenido como resultado de un proceso industrial, por la realización de una actividad de servicio o por estar relacionado directa o indirectamente con la actividad (Tapia Alarcon , 2017).

Residuos de las actividades de construcción: Son aquellos residuos generados en las actividades y procesos de construcción, rehabilitación, restauración, remodelación y demolición de edificaciones e infraestructuras (Tapia Alarcon , 2017).

La Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos los define como aquellos residuos fundamentalmente inertes que son generados en las actividades de construcción y demolición de obras, tales como edificios, puentes, carreteras, represas, canales y otros similares (SINIA MINAM, 2008).

Residuos agropecuarios: La Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos los define como aquellos residuos generados en el desarrollo de las actividades agrícolas y pecuarias. Estos residuos incluyen los envases de fertilizantes, plaguicidas, agroquímicos diversos, entre otros (Tapia Alarcon , 2017).



Residuos de instalaciones o actividades especiales: Son aquellos residuos sólidos generados en infraestructuras, normalmente de gran dimensión, complejidad y de riesgo en su operación, con el objeto de prestar ciertos servicios públicos o privados, tales como plantas de tratamiento de agua para consumo humano o de aguas residuales, puertos, aeropuertos, terminales terrestres, instalaciones navieras y militares, entre otras; o de aquellas actividades públicas o privadas que movilizan recursos humanos, equipos o infraestructuras, en forma eventual, como conciertos musicales, campañas sanitarias u otras similares (Tapia Alarcon , 2017).

- **Por su peligrosidad**

Residuos peligrosos y no peligrosos: Los residuos sólidos peligrosos son aquellos residuos que por sus características o el manejo al que son sometidos representan un riesgo significativo para la salud de las personas o el ambiente (Tapia Alarcon , 2017).

De conformidad con la Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos, se consideran peligrosos los que presenten por lo menos una de las siguientes características: autocombustibilidad, explosividad, corrosividad, reactividad, toxicidad, radiactividad o patogenicidad. Así, por ejemplo, se consideran como residuos sólidos peligrosos los lodos de los sistemas de tratamiento de agua para consumo humano o de aguas residuales, salvo que el generador demuestre lo contrario (Tapia Alarcon , 2017).

Por el contrario, se consideran no peligrosos aquellos residuos que por sus características o el manejo al que son sometidos no representan un riesgo significativo para la salud de las personas o el ambiente (Tapia Alarcon , 2017).



- **En función a su gestión**

Residuos de gestión municipal: Son aquellos generados en domicilios, comercios y por actividades que generan residuos similares a estos, cuya gestión ha sido recomendada las municipalidades. La gestión de estos residuos es de responsabilidad del municipio desde el momento en que el generador los entrega a los operarios de la entidad responsable de la prestación del servicio de residuos sólidos, o cuando los dispone en el lugar establecido por dicha entidad para su recolección (Tapia Alarcon , 2017).

Los residuos sólidos municipales (RSM) conocidos comúnmente como basura, están compuestos por residuos orgánicos (producto de la comercialización, el transporte, la elaboración de los alimentos y excedentes de comida y restos de materia vegetal), papel, cartón, madera y en general materiales biodegradables e inorgánicos como, vidrio, plástico, metales y material inerte. La disposición final de residuos del ámbito de gestión municipal se realiza mediante el método de relleno sanitario (SEMARNAT, 2001).

Residuos de gestión no municipal: Son aquellos residuos generados en los procesos o actividades no comprendidos en el ámbito de gestión municipal. Su disposición final se realiza en rellenos de seguridad, los que pueden ser de dos tipos, de conformidad con el Artículo 83° del Reglamento de la Ley N° 27314 – Ley General de Residuos Sólidos (SINIA MINAM, 2008)

Relleno de seguridad para residuos peligrosos, en donde se podrán manejar también residuos no peligrosos, relleno de seguridad para residuos no peligrosos (DIGESA, 2018).



- **Por su naturaleza**

Orgánicos: Residuos de origen biológico (vegetal o animal), que se descomponen naturalmente, generando gases (dióxido de carbono y metano, entre otros) y lixiviados en los lugares de tratamiento y disposición final. Mediante un tratamiento adecuado, pueden reaprovecharse como mejoradores de suelo y fertilizantes (compost, humus, abono, entre otros) (Poma de Ayala, 2008).

Inorgánicos: Residuos de origen mineral o producidos industrialmente que no se degradan con facilidad. Pueden ser reaprovechados mediante procesos de reciclaje (OEFA, 2014).

2.2.20. Lixiviados

Líquido que se crea cuando el agua se filtra a través de cualquier medio permeable; normalmente contiene materiales disueltos y en suspensión, este líquido se asocia con mayor frecuencia a los vertederos porque se crea allí cuando el agua de lluvia se filtra a través de la basura sólida y reacciona con productos químicos, otras sustancias y productos de descomposición, los lixiviados pueden llegar a las aguas subterráneas si el vertedero carece de un sistema de recogida de lixiviados, lo que puede tener efectos negativos sobre el medio ambiente y/o la salud humana, el lixiviado es típicamente anóxico, ácido, rico en ácidos orgánicos e iones sulfato, además de tener niveles significativos de iones comunes, particularmente hierro, el olor del lixiviado es bastante característico y difícil de identificar u olvidar (Quispe Roman & Salas Ventura, 2017).

Es el líquido generado por la percolación de agua procedente de la lluvia o escorrentía superficial y la que es producida por los materiales susceptibles de descomposición, los residuos de putrefacción rápida (residuos de comida), de



descomposición tardía (papel, madera, cartón, textiles, hojas) y los materiales inertes (tierra, plásticos, caucho, vidrio y varios tipos de metales) (Collazos Peñaloza, 2008).

Se denomina lixiviados a los líquidos que se generan una vez inicia el proceso de descomposición de los residuos sólidos depositados en un relleno sanitario, este proceso inicia gracias a la acción del tiempo y de las condiciones climáticas. Los lixiviados poseen características fisicoquímicas y microbiológicas contaminantes de gran relevancia identificándose las siguientes sustancias en altas concentraciones: materia orgánica, materia biológica infecciosa, nitrógeno, fósforo, y sustancias tóxicas (Collazos Peñaloza, 2008).

a. Generación y composición de lixiviados.

Los lixiviados se definen como el líquido procedente de los residuos que se crea por reacción, arrastre o percolación y que contiene sustancias que se encuentran en los propios residuos, disueltas o en suspensión, según la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, lixiviado es el término utilizado para describir el líquido que entra en un vertedero procedente de fuentes externas, como el drenaje superficial, la lluvia, las aguas subterráneas o el agua de manantiales subterráneos, así como, cuando es necesario, el líquido creado por la descomposición de la basura, los distintos residuos contenidos en los vertederos hacen que la composición del lixiviado cambie en función del tipo de residuo en sí (pH, edad, temperatura, etc.); además, influyen factores ambientales externos (meteorología), la antigüedad del vertedero, la tecnología utilizada en la planta y la fase de estabilización de los residuos (Gomes Vasquez, 2018).



La degradación de los residuos sólidos se presenta en fase aeróbica y fase anaeróbica.

- **Fase aeróbica.**

Los microorganismos del medio ambiente o los que se encuentran en la basura pueden ayudar a la descomposición aeróbica de la materia orgánica si hay suficiente oxígeno disponible, el aire atrapado en el vertedero ayuda a acelerar un poco el proceso, y el medio ambiente contribuye incluso a airear las capas superiores, dado que los residuos sólidos urbanos suelen tener un contenido de humedad de entre el 15 y el 40%, la humedad es otro factor importante, para conseguir la humedad necesaria para los bioprocesos, el agua de lluvia que cae en el vertedero es crucial, para estos microorganismos, lo ideal es que la humedad se sitúe en el 60%, el dióxido de carbono, el amoníaco (que acabará convirtiéndose en nitrato) y el agua suelen ser los subproductos de la descomposición aeróbica (Quispe Roman & Salas Ventura, 2017).

- **Fase anaeróbica.**

Aunque lo hace más lentamente que en condiciones aeróbicas, la materia orgánica de los residuos sigue descomponiéndose, una vez agotado el aire atrapado, la descomposición anaeróbica toma el relevo y, en las zonas más profundas y privadas de aire del vertedero, el aire se recarga desde la atmósfera, aquí, las influencias externas ya no son un factor, lo que permite que los procesos metabólicos mantengan la alta temperatura, como a estos niveles ya no hay posibilidad de evaporación desde el ambiente, y como el rango de temperatura de 35 a 50 °C es inferior a los requisitos para la oxidación, ya se ha formado algo de lixiviado a través de la descomposición anaeróbica, durante el proceso se



producen primero ácidos orgánicos, seguidos de metano y dióxido de carbono, y finalmente desnitrificación y reducción de componentes (Quispe Roman & Salas Ventura, 2017).

b. Factores que afectan la generación de lixiviados.

Para este efecto, se considerarán dos tipos de factores: aquéllos que dependen del tipo de desecho y que se consideran internos por ser inherentes al desecho; y los externos, es decir, aquéllos que no dependen de la naturaleza de los residuos (Gomes Vasquez, 2018).

- **Factores internos**

Los factores internos que afectan la generación de los lixiviados son:

La composición de los residuos: Esta varía de desecho a desecho y sólo es posible conocer las características en un confinamiento controlado, en donde se tiene una planeación de los desechos que se depositarán en el lugar (Gomes Vasquez, 2018).

La degradación de los residuos: Esto influye mucho en la concentración del lixiviado, pues varía según la naturaleza de los desechos, si son orgánicos o inorgánicos, ya que los primeros se degradan fácilmente y hacen que la generación de lixiviados sea mayor en un poco tiempo y, por lo tanto, su concentración será mayor (Gomes Vasquez, 2018).

El tamaño y composición de los residuos: Algunas veces, para facilitar la operación de los desechos, éstos se fragmentan, haciéndolos de un tamaño uniforme; a este proceso se le llama trituración y provoca que se acelere la generación de lixiviado (Gomes Vasquez, 2018).



- **Factores externos**

Independientemente de la naturaleza de los desechos, de los líquidos retenidos en éstos y de las reacciones físico - químicas que se presentan en el confinamiento, existen diversos factores externos que pueden afectar la formación de lixiviados, como (Gomes Vasquez, 2018).

La capacidad de intercambio catiónico: Los suelos orgánicos y las arcillas tienen una gran capacidad de intercambio de cationes, lo que hace que se retengan los metales contenidos en el lixiviado, retardando su tránsito hacia el subsuelo y, consecuentemente, hacia los mantos acuíferos (Gomes Vasquez, 2018).

La geo hidrología local y regional: Esta comprende las zonas permeables e impermeables del subsuelo, la localización de los mantos acuíferos y la dirección del flujo subterráneo, si éste existe, así como la capacidad de infiltración y la capacidad de campo del suelo (Gomes Vasquez, 2018).

El clima: Por clima debemos entender aquellos factores climatológicos que afectan a la región; estos factores son: el régimen de precipitación pluvial y el de evapotranspiración, los vientos dominantes y las temperaturas que se presentan en el transcurso del año (Gomes Vasquez, 2018).

El diseño y la operación de sitios de disposición: La tecnología usada en el depósito del relleno también influye en el desarrollo de los procesos de descomposición. La altura de las unidades, o bien, la altura o profundidad total del relleno, la tecnología de la compactación y la calidad del material de cubierta, influyen en el prevalecimiento de los factores ambientales. Por otra parte, es frecuente que en los confinamientos la operación sea incorrecta y no se atiendan las normas de operación que se tomaron en cuenta para el diseño, por lo que la



generación de lixiviados varía la forma cuantitativa prevista (Gomes Vasquez, 2018).

El tipo de superficie de evaporación: Es un hecho que la evaporación depende de la superficie expuesta a la luz solar, por lo que las superficies planas ofrecerán un mayor espejo de agua, lo que redundará en una mayor evaporación y una menor Infiltración (Gomes Vasquez, 2018).

c. Composición de lixiviado.

Al filtrarse el agua a través de los residuos sólidos en descomposición, se lixivian en solución materiales biológicos y constituyentes químicos. En la siguiente tabla se presentan datos representativos sobre las características de los lixiviados en rellenos nuevos y antiguos (Gomes Vasquez, 2018).

Tabla 2. Datos típicos sobre la composición de los lixiviados.

Constituyente	Relleno sanitario nuevo (menos de 2 años)		Relleno sanitario antiguo (mayor de 10 años)
	Rango	Típico	
DB05 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	2,000 -30,000	10.000	100 -200
COT (Carbono orgánico total)	1,500 -20,000	6.000	80 - 180
DQO (Demanda Química de Oxígeno)	3,000 -60,000	18.000	100 - 500
SST (Solidos suspendidos totales)	200 -2,000	500	100 -400
Nitrógeno orgánico	10 - 800	200	80 - 120
Nitrógeno amoniacal	10 - 800	200	20 - 40
Nitrato	5 -40	25	5 - 10
Fosforo total	5 - 100	30	5 - 10
Ortofosfato	4 - 80	20	4 -8
Alcalinidad como CaC03	1,000 - 10,000	3.000	200 - 1,000
pH	4.5 - 6.7	6	6.6 -7.5
Dureza total como CaC03	300 - 10,000	3.500	-
Calcio	200 - 3,000	1.000	100 -400
Magnesio	50 - 1,500	250	50 - 200
Potasio	200 - 1,000	300	50 - 400
Sodio	200 -2,500	500	100 -200
Cloruros	200 - 3,000	500	100 -400
Sulfatos	50 - 1,000	300	20 - 50
Hierro total	50 - 1,200	60	20 - 200

Fuente: Tomada de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Tchobanoglous G. 1994.

d. Parámetros generales que se deben monitorear en el vertimiento de lixiviados de un relleno sanitario.

Los principales parámetros que deben ser medidos en un vertimiento de lixiviados provenientes de la descomposición de los residuos sólidos dispuestos en un relleno sanitario son: la Demanda Química de Oxígeno (DQO), la Demanda Biológica de Oxígeno DBO5, el vínculo DBO5/DQO, el Potencial de Hidrógeno (pH), el nitrógeno, los metales pesados, la conductividad, las sales disueltas totales, los sólidos totales y los sólidos suspendidos totales (Gomes Vasquez, 2018).

Tabla 3. Parámetros que deben monitorear en el vertimiento de un lixiviado.

FÍSICOS	QUÍMICOS ORGÁNICOS	QUÍMICOS INORGÁNICOS	BIOLÓGICOS
PH	FENOLES	SÓLIDOS SUSPENDIDOS, TOTALES Y DISUELTOS	DBO
POTENCIAL DE REDUCCIÓN DE OXIDACIÓN	DQO	SÓLIDOS VOLÁTILES EN SUSPENSIÓN Y DISUELTOS	CALIFORMES TOTALES
CONDUCTIVIDAD	CARBONO ORGÁNICO TOTAL	CLORUROS	RECuento SOBRE PLACA ESTÁNDAR
COLOR	ACIDOS VOLÁTILES	SULFATOS	
TEMPERATURA	N-ORGÁNICO	ALCALINIDAD Y ACIDEZ	
OLOR	SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO	N-NITRATO	
	GRUPOS FUNCIONALES ORGÁNICOS	N-NITRITO	
	HIDROCARBUROS CLORADOS	N-AMONIACO	
		SODIO	
		POTASIO	
		CALCIO	
		MAGNESIO	
		METALES PESADOS: (Pb, Cu, Ni, Cr, Zn, Cd, Fe, Mn, Hg, Ba, Ag.	

Fuente: TCHOBANOGLUS, G; THEISEN, H y VIGIL, S. En Gestión Integral de los Residuos (Vol. I), Editorial Mc Graw-Hill. España. 1998.

2.2.21. Agua

El agua es una sustancia líquida desprovista de olor, sabor y color, que existe en estado más o menos puro en la naturaleza y cubre un porcentaje importante (71 %) de la superficie del planeta tierra. Además, es una sustancia bastante común en el sistema solar y el universo, aunque en forma de vapor (su forma gaseosa) o de hielo (su forma sólida) (Gomes Vasquez, 2018).



a. Composición del agua

Una molécula de agua contiene únicamente dos elementos: un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno (H₂O) enlazados covalentemente. Esto se descubrió en 1782 gracias al químico Henry Cavendish, pues desde épocas antiguas el agua se pensaba como un elemento (Gomes Vasquez, 2018).

b. Definición de calidad de agua

La calidad del agua, de acuerdo a la OMS y otros organismos internacionales, se puede resumir como las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano. El concepto de calidad del agua ha sido asociado principalmente al uso del agua para consumo humano, entendiéndose que el agua es de calidad cuando puede ser usada sin causar daño. Sin embargo, dependiendo de otros usos que se requieran para el agua, también se puede definir la calidad del agua en función de dichos usos (DIGESA, 2018).

Como ya se ha dicho, tanto las influencias naturales como las humanas influyen en la calidad de toda masa de agua, ya sea superficial o subterránea. Sin la intervención humana, los procesos naturales como la erosión del sustrato mineral, la evapotranspiración y la sedimentación de sales y lodos en la atmósfera, los factores hidrológicos que lixivian de forma natural los nutrientes y la materia orgánica del suelo y los procesos biológicos del medio acuático que pueden modificar la composición física y química del agua, se deben considerar los factores que determinan la calidad de agua, en consecuencia, las propiedades físicas y químicas de una muestra de agua se comparan con las normas establecidas para evaluar la calidad general del agua, estos requisitos se establecen



para el agua potable con el fin de garantizar que sea potable y salvaguardar la salud pública (DIGESA, 2018).

2.2.22. Aguas superficiales

Son aquellas que se mantienen sobre la superficie de la tierra y en contacto con la atmósfera, para identificarlas fácilmente podemos decir que son aquellas que podemos apreciar a simple vista o que no están bajo tierra, estos cuerpos de agua son por la recolección del agua de las lluvias, nacimientos de agua y de los escurrimientos que vienen de otras fuentes de agua (Rothschuh Osorio, 2022).

Las aguas superficiales son todos aquellos que se encuentran sobre la superficie del planeta o se puede apreciar el espejo de agua, se produce por la escorrentía generada a partir de las precipitaciones pluviales o por el afloramiento de aguas subterráneas, subsuperficiales, interflujo o flujo base, pueden presentarse en forma correntosa, como en el caso de corrientes de arroyos y ríos, o quietas si se trata de lagos, lagunas, reservorios, embalses, humedales, estuarios, océanos y mares.

2.2.23. Aguas subsuperficiales

El término “subsuperficial” es el agua que infiltra a escasa profundidad, como por ejemplo, en el subálveo de los ríos, que es aquella franja longitudinal entre ambos márgenes de una corriente hídrica, en la cual, por ser la interface río-acuífero, el nivel del agua freática se encuentra a escasa profundidad del nivel del terreno, por efecto de la infiltración del agua de la corriente en el subsuelo, generalmente ésta debe ser de buena calidad, así mismo las aguas subsuperficiales se consideran como agua de una fuente de agua subterránea que se encuentra cerca de la superficie del terreno, a poca profundidad y que puede aflorar



espontáneamente en los manantiales y poder ser extraído fácilmente (SCRIBD, 2019).

2.2.24. Aguas subálveas

Estas son llamadas aguas freáticas se caracterizan por estar a presión atmosférica, a poca profundidad o relativamente baja y no estar confinadas, pues circulan a través de mantos porosos como arena, grava, tobas poco coherentes, aluviones (SCRIBD, 2019).

2.2.25. Aguas interflujo.

También conocido como flujo subsuperficial, es el flujo que circula relativamente rápido hacia el cauce fluvial que se produce por debajo de la superficie, aunque esto ocurre más rápidamente que el caudal base, su movimiento suele producirse más lentamente que la escorrentía superficial.

Son las aguas que permanecían en la zona no saturada de la formación rocosa del suelo, que finalmente termina llegando a los ríos o lagos o que son reabsorbidas por la vegetación de la zona, estas no constituyen aguas subterráneas, sino que correspondían a la escorrentía subsuperficial o llamado también interflujo, uno de ellos es el flujo hipodérmico o "interflujo" es aquel que circula debajo del suelo de modo somero y rápido por ciertas formaciones que se consideran permeables en escasa profundidad, por lo general, ligada a alveos fluviales (acuíferos subálveos); que se generan su rápida infiltración, una alta velocidad de transmisión (conductividad hidráulica), y su posterior retorno hacia el cauce superficial (GLOSBE, 2023).



2.2.26. Aguas de flujo base

Es el caudal de los ríos y quebradas que proviene enteramente de la descarga de aguas subterráneas. Generalmente esto se da en los meses de la época seca lo que en Peru corresponde al promedio de los caudales de los meses de mayo, junio, julio, agosto, setiembre, y octubre, o tambien conocido como el caudal que circula por un río debido a causas más remotas y por la escorrentía de la presencia de las lluvias mas recientes.

2.2.27. Aguas subterráneas

Son las aguas que se encuentran debajo de la tierra y están presentes tanto en el suelo como el subsuelo. De ellas nace la definición de acuífero, Por otra parte, se considera que una masa de agua subterránea es aquella que también está debajo de la tierra en un volumen diferente a uno o varios acuíferos; estos últimos se tratan de una reserva de agua subterránea, la cual se encuentra en diferentes zonas de la corteza terrestre (Calsín Ramírez , 2016).

Una de las razones por las que los acuíferos poseen gran relevancia es el hecho de que representan una importante reserva de agua generalmente dulce durante los períodos de sequía. Un ejemplo de ello son los manantiales destinados para el consumo doméstico y el uso para riegos agrícolas, ganaderos e industriales, todos los acuíferos forman parte de las reservas y mantenimiento de las zonas húmedas y ecosistemas ribereños. Son una parte fundamental para garantizar la existencia de diversas especies animales propias de cada región donde se encuentran (Calsín Ramírez , 2016).

2.2.28. Acuífero

Formación geológica, o grupo de formaciones, o parte de una formación, capaz de acumular una significativa cantidad de agua subterránea, la cual puede brotar, o se puede extraer para consumo. Es interesante hacer notar que los acuíferos pueden estar contaminados, ya sea por productos químicos o por microorganismos patógenos, por lo que su uso está cada vez más limitado (Calsín Ramírez , 2016).

Es la formación geológica que contiene grandes cantidades de agua, el mismo que permite que circule a través de ella con facilidad. La circulación del flujo es en arenas, gravas y también granito u otra roca compacta con una fracturación importante (Sánchez San Román F. , 2017).

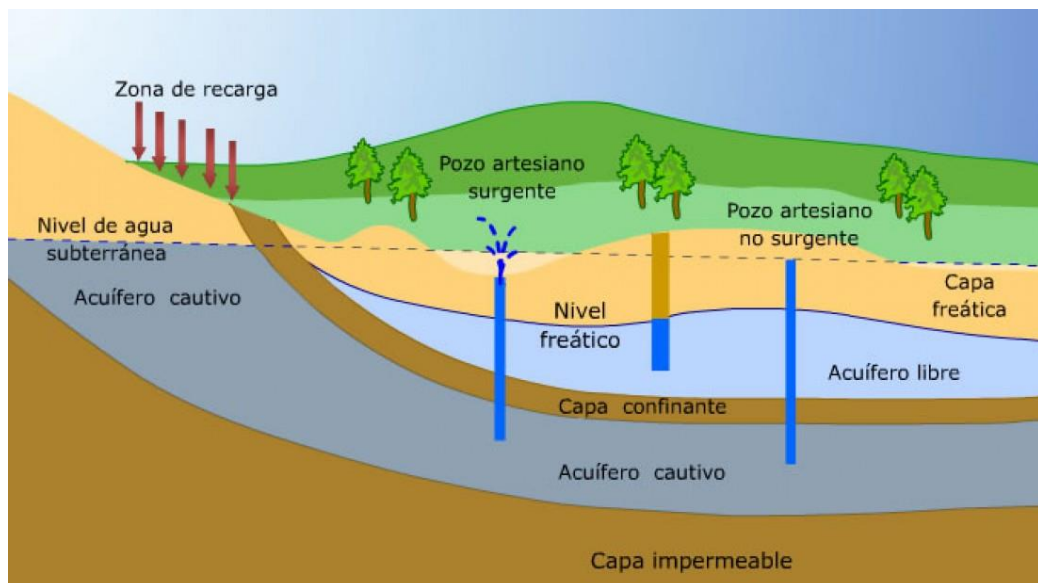


Figura 1. Gráfico de un acuífero.

Fuente: Mascareño, (2016)

Es la formación geológica que almacena agua en cantidades considerables y que permite que dichos flujos circulen a través de ella con mayor facilidad.



Según las características de la formación geológica y rocas, se puede hacer la siguiente clasificaciones:

a. Acuífugo

Es la formación geológica que no permite la circulación del agua, así como no posee capacidad de retención esto se da mayormente en suelos con granitos o esquistos inalterados y rocas no fracturados (Sánchez San Román F. , 2017).

b. Acuícludo

Es la formación geológica que confina agua en su interior, pero no deja circular el agua, generalmente se da en suelos con limos y arcillas (Sánchez San Román F. , 2017).

c. Acuitardo

Es la formación geológica que contiene agua la circulación del agua es muy lento se da en suelos con arenas arcillosas, areniscas, rocas compactas con fracturación moderadas (Sánchez San Román F. , 2017).

2.2.29. Clasificación de acuíferos

a. Acuífero libre

Son aquellos en los que el nivel de agua se encuentra por debajo del techo de la formación permeable, entre ellos existe una superficie libre y real del agua almacenada, que está en contacto con el aire y a la presión atmosférica, entre la superficie del terreno y el nivel freático se encuentra la zona no saturada, es la superficie hasta donde alcanza el agua, también llamado superficie freática, en



términos simplificados es el agua que circula libremente a presión atmosférica (Sánchez San Román F. , 2017).

b. Acuífero confinado

Llamado también cautivos, a presión en carga: en ellos el agua está sometida a una presión superior a la atmosférica y de acuerdo a la gradiente hidráulica y ocupa totalmente los poros o huecos de la formación geológica el cual se encuentra saturada totalmente, si se extrae agua los poros no se vaciarán, sólo disminuirá la presión del agua. Al disminuirse el agua se pueden producir asentamientos del terreno, en ellos no existen zonas no saturadas. En caso de perforarse el nivel del agua ascendería hasta situarse al nivel de recarga, también conocido como nivel piezométrico (Sánchez San Román F. , 2017).

c. Acuífero semiconfinado

Son más parecidos a los acuíferos confinados, pudiendo afirmar que se trata de acuífero a presión, en algunas capas confinantes son semipermeables, también llamados acuitardos, en los muros, techo o ambos no son impermeables, mas bien permiten una circulación vertical del agua (Sánchez San Román F. , 2017).

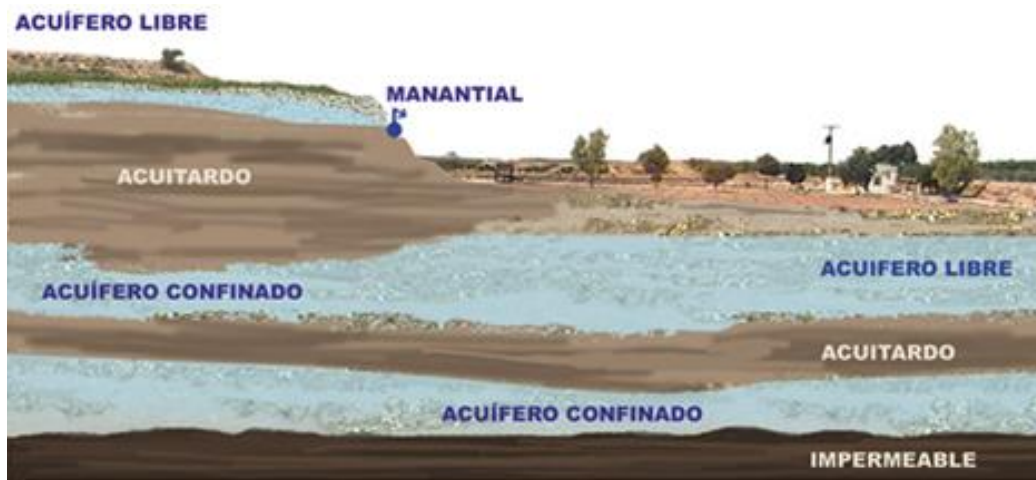


Figura 2. Tipos de acuíferos según sus características hidrodinámicas
Fuente: (Sánchez San Román F. , 2017).

d. Acuífero colgados

También llamado acuífero colgado, es la formación geológica que no permite que pase el agua sin embargo almacena agua, y estas en ocasiones afloran por un manantial o también cuando se producen, una fuerte recarga, asciende el nivel freático quedando retenida un volumen de agua por tener la parte inferior impermeable (Sánchez San Román F. , 2017).

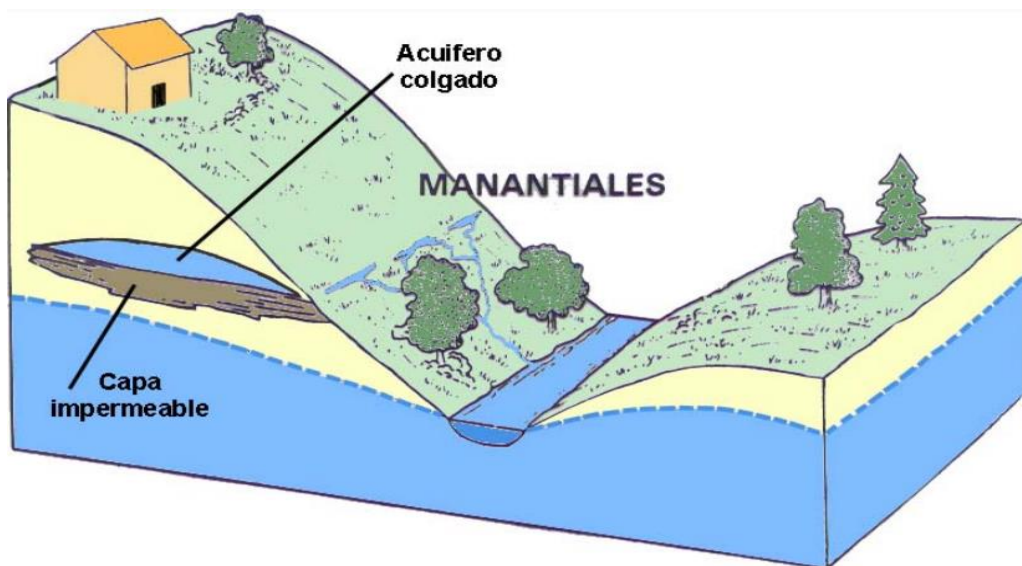


Figura 3. Acuífero colgado.
Fuente: Universidad de Chile



e. Hidrogeología

Se considera el estudio del almacenamiento, distribución y circulación de las aguas terrestres en las zonas saturada y no saturada de las formaciones geológicas, considerando sus propiedades físicas y químicas, comportamiento en el medio físico y biológico y sus cambios por la participación del hombre (Sánchez San Román F. , 2017).

f. Permeabilidad

Es la capacidad de un material para transmitir un fluido, en este caso agua, un material se considera más permeable cuando es más poroso, la abertura de poros debe ser más grandes y que tenga una conexión entre sí (Sánchez San Román F. , 2017).

g. Poros

Se refiere a los espacios abiertos en los diferentes tipos de rocas y suelo (Sánchez San Román F. , 2017).

h. Porosidad

La porosidad de un material representa un porcentaje que relaciona el volumen que ocupan los poros en un volumen que ocupa las partículas solidas (Sánchez San Román F. , 2017).

2.2.30. Escorrentía

La escorrentía nace a partir de la precipitación pluvial que llega a alimentar a las corrientes superficiales, continuas o intermitentes, de una cuenca,



subcuenca o intercuenca, existen muchos tipos de escorrentías el mismo que depende de su procedencia como son:

a. Escorrentía superficial o directa

Es la precipitación que no se infiltra al sub suelo y circula por la superficie del terreno y llega a los cauces del río por gravedad, esto corresponde a la precipitación pluvial que no se queda retenida en las depresiones del suelo, el cual no es conseguido por los fenómenos de evapotranspiración, el proceso del escurrimiento del agua cuando se inicia un aguacero depende de las características del terreno, las primeras lluvias saturan el terreno, si la capacidad de retención es mínima del terreno, las aguas empezaran a circular, se forma entonces, una capa delgada de agua, esta se mueve de acuerdo a la gravedad del terreno, en muchas ocasiones se queda absorbida en algunos puntos, donde se junta con los otros componentes que constituyen la escorrentía total (Sánchez San Román F. J., 2022).

b. Escorrentía hipodérmica o subsuperficial

Es el agua que posterior a la precipitación, se infiltra en el suelo, y se mueve subhorizontalmente en partes poca profundas o en los horizontes superiores para reaparecer repentinamente al aire libre como ojos de agua o manantial para posteriormente fluir a los cauces de ríos y escurrir superficialmente (Sánchez San Román F. J., 2022).

c. Escorrentía subterránea

Es la precipitación que llega a infiltrarse hasta el nivel freático, que posteriormente circula hasta llegar a la red de drenaje, la escorrentía superficial es



la más rápida en circular en comparación de los demás, lo contrario es la esorrentía subterránea que su transporte es la más lenta en una medición de m/h (Sánchez San Román F. J., 2022).

2.2.31. El ciclo de la esorrentía

a) Primera fase: este período se considera sin precipitaciones, la evapotranspiración agota la humedad superficial y extrae agua de la franja capilar, las aguas subterráneas alimentan la esorrentía superficial y de esa manera baja el nivel piezómetro (Sánchez San Román F. J., 2022).

b) Segunda fase: Es la fase donde inicia la precipitación y termina la evapotranspiración las aguas son captadas por la vegetación, superficie del suelo y cursos de agua, se infiltra la cantidad necesaria de almacenamiento en el subsuelo, el resto circula superficialmente en forma de esorrentía directa, por otro lado, sigue alimentando los cursos de agua superficial el agua subterránea, el nivel piezómetro no tiene descenso (Sánchez San Román F. J., 2022).

c) Tercera fase: Es donde se da la precipitación máxima, después de duración de la precipitación, el suelo se encuentra totalmente saturado, parte de la precipitación se infiltra y alimenta la esorrentía hipodérmica y acuíferos, el mismo que eleva el nivel piezómetro, el resto que no se infiltra circula por la superficie, así como poco a poco se alimenta los acuíferos (Sánchez San Román F. J., 2022).

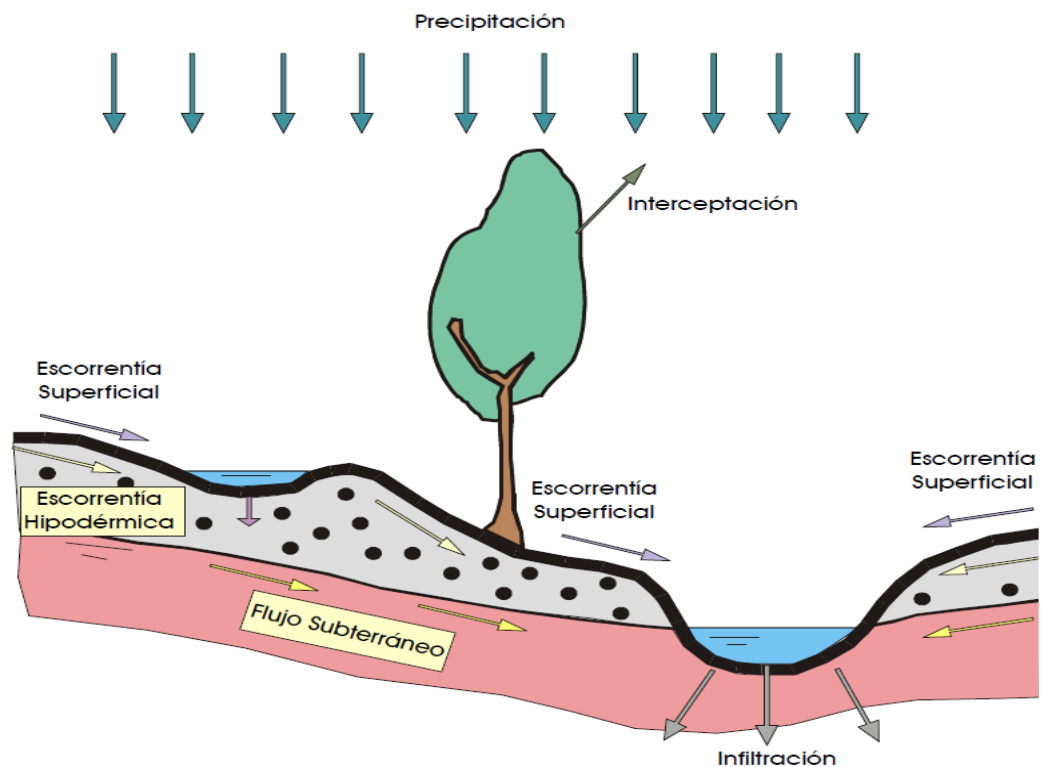


Figura 4. Ciclo de escorrentía 3ra fase

Fuente: Sánchez San Román F. J., 2022

d) Cuarta fase: Esta fase se considera posterior a la precipitación, las lluvias terminan, los cauces superficiales tienden a bajar y a desaparecer, aun se tiene suelos saturados, sigue infiltrando las aguas que se encuentran en depresiones superficiales, el mismo que alimenta al suelo, a la escorrentía hipodérmica y aguas subterráneas, nuevamente inicia la evapotranspiración, los cursos de agua alimentan a la escorrentía hipodérmica y subterránea, entran en descenso (Sánchez San Román F. J., 2022).

2.2.32. Formación de las aguas subterráneas

El proceso de formación de las aguas subterráneas se produce como agua meteórica que cae a la superficie tanto en forma de nieve como de lluvia, la cual se filtra en el terreno. Inicialmente algunas gotas que caen en el suelo se fijan en la superficie mientras que otras penetran la tierra, estas aguas no pasan por la



evaporación ni se pierde en la transpiración de las plantas o la escorrentía. A poca profundidad y con una cantidad de agua determinada los huecos se llenan y generan un área de saturación, las cuales reciben el nombre de aguas subterráneas. El nivel superior es el del acuífero y se le conoce como nivel freático (Calsín Ramírez , 2016).

Según la estructura y porosidad de las rocas es la forma como circula el agua y el tipo de acuífero. Por lo general el agua subterránea se almacena en los sedimentos y rocas porosas, tal como ocurre con los suelos arenosos, gravosos, areniscas, conglomerados. Etc, (Calsín Ramírez , 2016).

El agua subterránea circula y se almacena en las fisuras y fracturas de las rocas impermeables, Se estima que solo 3% del agua de la tierra es dulce y un 95% de ella pertenece a aguas superficiales y el 1,5% corresponde a aguas subterráneas, las cuales funcionan como una fuente de agua limpia para el consumo de un 53% de la población mundial (Calsín Ramírez , 2016).

2.2.33. Contaminación de aguas subterráneas

En los últimos años ha tomado gran relevancia el estudio de las aguas subterráneas, ya que estas disponen la mayor parte del recurso hídrico dulce que puede ser usado en diferentes actividades por el ser humano; pero actualmente ya no sólo se trata de cómo encontrar agua, este vital líquido se encuentra afectado por las diferentes actividades humanas que han producido que la calidad de este ya no sea la misma que en el pasado, y es por medio del estudio de acuíferos y estudio de las diferentes fuentes de contaminación de éstos, que podemos llegar a entender en qué forma evitar que las aguas subterráneas sigan siendo



contaminadas o por lo menos predecir la evolución del problema (Gómez Vargas, Gonzales Velásquez, & Morales Pérez, 2018).

La contaminación de las aguas subterráneas se produce como consecuencia de la presencia de algunos agentes contaminantes que han sido liberados en el suelo o el subsuelo, los cuales migran posteriormente hasta el acuífero, otra de las razones por las que se contaminan las aguas subterráneas es la presencia de algunas sustancias naturales pero contaminantes como el fluoruro o el arsénico (Gómez Vargas, Gonzales Velásquez, & Morales Pérez, 2018).

Esta es la razón por la cual la contaminación de estas aguas se clasifica en difusas y puntuales. No obstante, algunas de las prácticas que generan la contaminación de las aguas subterráneas son:

- La construcción de fosas sépticas.
- Acumulación de lodos de granjas.
- Escombros y fugas de vertederos comerciales y municipales.
- Residuos del proceso de minería.
- La explotación de acuíferos costeros, que provoca intrusión salina (entrada de agua salada en los acuíferos).
- Basura radiactiva.
- Fugas en los depósitos de las gasolineras.
- Uso excesivo de fertilizantes o pesticidas en la agricultura.

Todas estas acciones suelen provocar una contaminación temporal o permanente de las aguas, la cual puede traer consecuencias graves para la salud de las personas que usan las aguas de dichos acuíferos (Gómez Vargas, Gonzales Velásquez, & Morales Pérez, 2018).



a. Tipos de contaminación del agua

- **Microorganismos patógenos**

Este tipo de contaminación se da por la presencia de microorganismos, entre ellos las bacterias, virus, protozoos, las mismas que causan enfermedades graves como el hepatitis, cólera, tifus y otras enfermedades (IAGUA, 2016).

- **Desechos orgánicos**

El origen de esta contaminación es de los residuos producidos por los seres humanos, así como la crianza de ganado, la existencia en el agua de la materia biodegradable o materia que fácilmente se descompone fomenta el constante crecimiento de bacterias aeróbicas que consumen el demasiado oxígeno que existe dentro del agua, la falta de oxígeno dificulta la respiración y la vida de los organismos aerobios y los anaerobios liberan sustancias tóxicas tales como amoníaco o sulfuros (IAGUA, 2016).

- **Sustancias químicas inorgánicas**

A este tipo de contaminantes pertenecen los ácidos, sales y metales tóxicos, las concentraciones elevadas de estos contaminantes pueden causar daños graves en los seres vivos, también puede causar el bajo rendimiento de las producciones agrícolas y corrosión en las herramientas y equipos de trabajo (IAGUA, 2016).

- **Nutrientes vegetales inorgánicos**

Las plantas necesitan para su crecimiento sustancias solubles como nitratos y fosfatos y que estimulan el crecimiento de algas y otros organismos, el tipo de contaminación expuesta induce a la eutrofización de las aguas, lo que hace

el uso de todo el oxígeno presente, por lo que esto dificulta la actividad de otros organismos, disminuyendo la biodiversidad en los cuerpos de agua (IAGUA, 2016).

2.2.34. Dirección de escurrimiento

Se realiza en base a mapas del nivel freático, para acuífero libre, y de la superficie piezométrica, para acuífero confinado, son herramientas básicas de la interpretación hidrogeológica, estos mapas son elaborados en bidimensionales de superficies tridimensionales, se muestran como curvas de nivel o contornos, así como en perspectiva representando un mapa de tres dimensiones, los valores usados construir mapas de nivel freático o piezométrico son elevaciones del nivel de agua medidas en algunos pozos habilitados en la zona de estudio (Sánchez San Román F. J., 2022).

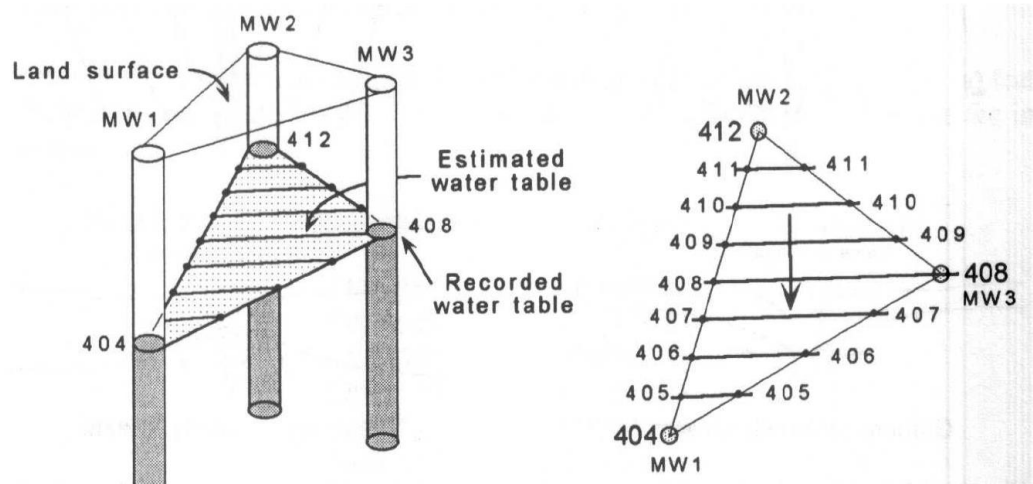


Figura 5. Dirección de escurrimiento

Fuente: Sánchez San Román F. J., 2022

2.2.35. Redes de flujo

Los flujos subterráneos en acuíferos se representan mediante redes de flujo, en el espacio 3-D, las líneas de flujo son perpendiculares a las superficies equipotenciales, en caso de bidimensionales las líneas de flujo son perpendiculares a las líneas equipotenciales y forman una red de flujo de rectángulos curvilíneos a las líneas equipotenciales se las denomina isopiezas o hidroisohipsas (IAEA).

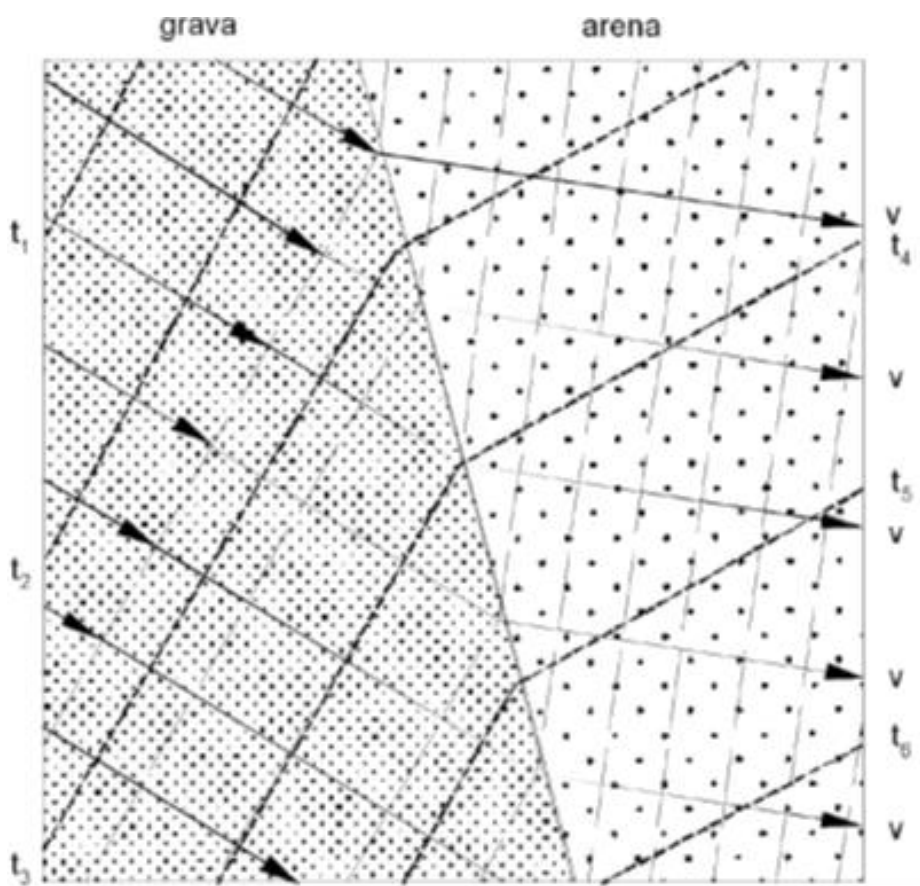


Figura 6. Líneas equipotenciales

Fuente: IAEA

La forma de la isócrona (edad igual) del agua de un acuífero suele ser similar a la de la línea piezométrica. Sin embargo, existen sesgos sistemáticos que pueden reflejar anomalías espaciales en el sistema de flujo de agua subterránea o

perturbaciones geohidrológicas causadas por el bombeo de agua subterránea. En zonas donde las líneas isopotenciales son muy densas, donde las líneas isopotenciales se desvían de las isocronas hidráulicas, es decir, el gradiente hidráulico es muy alto, por lo que la velocidad del agua será mayor que en cualquier otro lugar, esto también puede suceder si la corriente de tierra actual es diferente de la corriente de tierra anterior. Por ejemplo, si la edad del agua subterránea aumenta rápidamente a medida que uno se acerca a un área de descarga, esto puede indicar que la tasa de recarga de agua subterránea ha aumentado en el pasado.

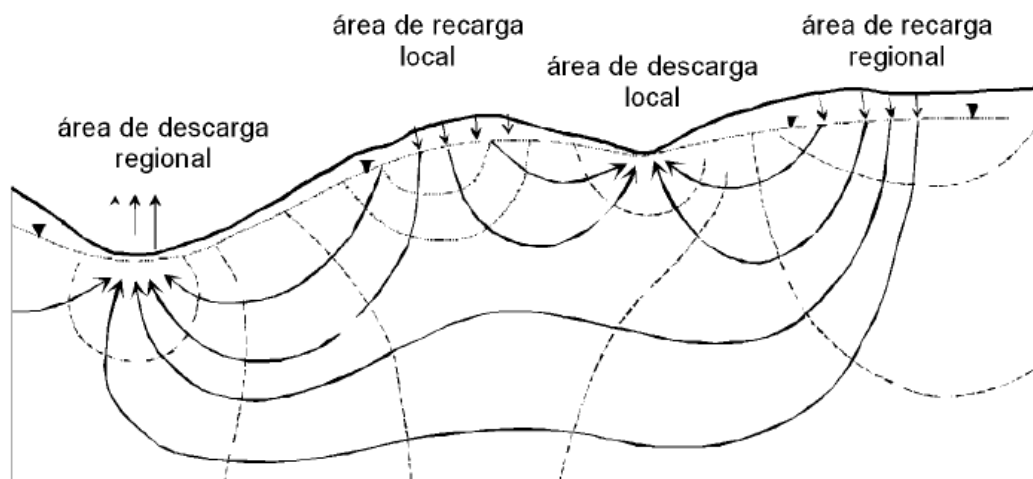


Figura 7. Sección vertical de una red de flujo en una área con relieve

Fuente: IAEA

Línea gruesa es igual a línea de flujo y las líneas punteadas es igual a líneas equipotenciales (según Tóth 1963).

La red de flujo solo es válida cuando el flujo subterráneo está en un estado estable, cualquier cambio en las condiciones del agua subterránea alterará la red de flujo. Este hecho debe tenerse en cuenta siempre que los datos de isótopos de recarga de aguas subterráneas del pasado sean relevantes para las redes de flujo



actuales, que también se ven afectadas por las extracciones de aguas subterráneas (IAEA).

Una sección vertical de un sistema de flujo de tierra o una proyección vertical en un plano horizontal se usa a menudo para construir redes de flujo (por ejemplo, para ilustrar el flujo de tierra horizontal a escala regional en un mapa). En medios rocosos homogéneos e isotrópicos, el nivel freático controla la forma de la red de flujo, que a menudo se adapta a la forma en regiones húmedas donde el agua subterránea se recarga directamente por la precipitación (IAEA).

La conductividad hidráulica de un acuífero es varios órdenes de magnitud mayor que la de una formación confinada (acuitardo). Por lo tanto, para un caudal dado, la pérdida de carga por unidad de distancia a lo largo de la línea de corriente en un acuífero es menor que la pérdida de carga en un acuitardo. Por lo tanto, desde un punto de vista geohidráulico, el flujo lateral en formaciones confinadas es insignificante, mientras que la composición isotópica está influenciada por la contribución a largo plazo de la filtración lenta que ocurre en la recarga de agua subterránea de acuíferos confinados (Geyh et al., 1984). En un acuífero, las líneas de corriente se estrechan y corren paralelas al contorno del acuífero. Por lo tanto, las redes de flujo en sistemas acuíferos anisotrópicos pueden ser muy complejas. Como la red de flujo de agua subterránea se rige por la carga y descarga, su forma será diferente en regiones secas o húmedas (IAEA).

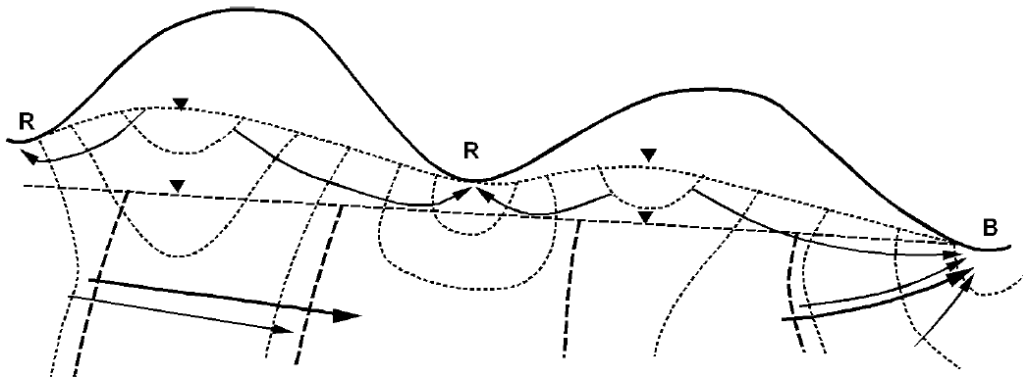


Figura 8. Red de flujo de agua subterránea en regiones áridas y húmedas

Fuente: IAEA

las líneas de flujo del punto de recarga de agua subterránea en zonas húmedas siguen la morfología o relieve del terreno (línea punteada), en las regiones áridas el nivel freático es plano; R = descarga hacia los ríos en las regiones húmedas; B = descarga hacia las cubetas u oasis en las regiones áridas (según Seiler y Rodriguez 1980).

2.2.36. Transporte de contaminantes en aguas subsuperficiales y subterráneas

Cuando un contaminante entra o llega al agua subterránea, generalmente en disolución, se producen varios procesos complejos, para su estudio debemos distinguir dos posibles situaciones, que suponen dos grupos de procesos; por difusión o advección por otra lado también es importante mencionar la dispersión (Sanchez San Roman, 2012).

a. Difusión

Es el proceso por el cual especies moleculares disueltas en el agua se mueven de áreas de mayor concentración a áreas de menor concentración, si en un punto de un medio sin flujo se deposita una gota de contaminante y pasado el

tiempo se observa después, el punto inicial se habrá ampliado y difuminado (Sanchez San Roman, 2012).

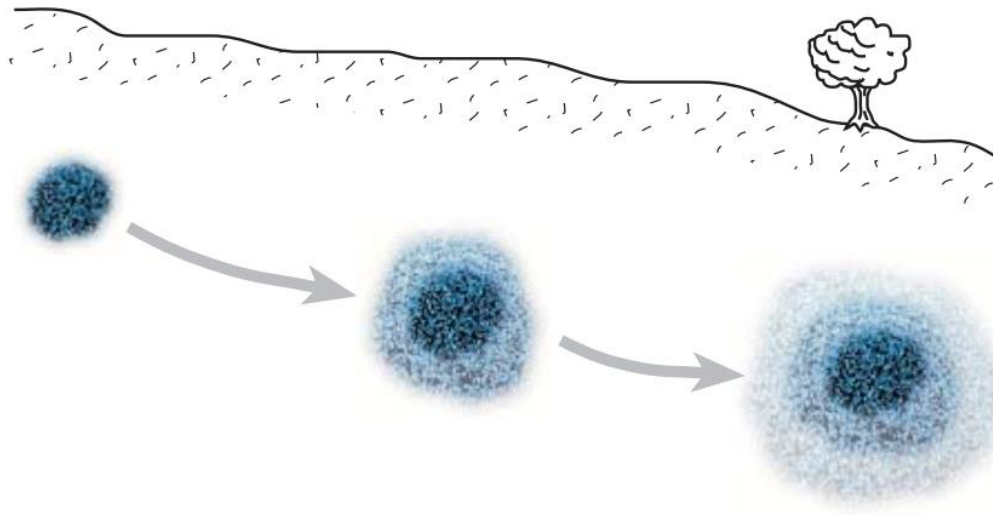


Figura 9. Transporte si se produjeran sólo advección y difusión.

Fuente: Sanchez San Roman, 2012

b. Advección

La advección es el transporte de la sustancia contaminante por el agua del subsuelo, si sólo se diera este proceso, el contaminante viajaría a la misma velocidad que el flujo del agua y el área ocupada por el contaminante sería de manera constante, la advección simplemente transporta las sustancias contaminantes en un medio poroso, el flujo de masa a través de una sección perpendicular al flujo (Sanchez San Roman, 2012).

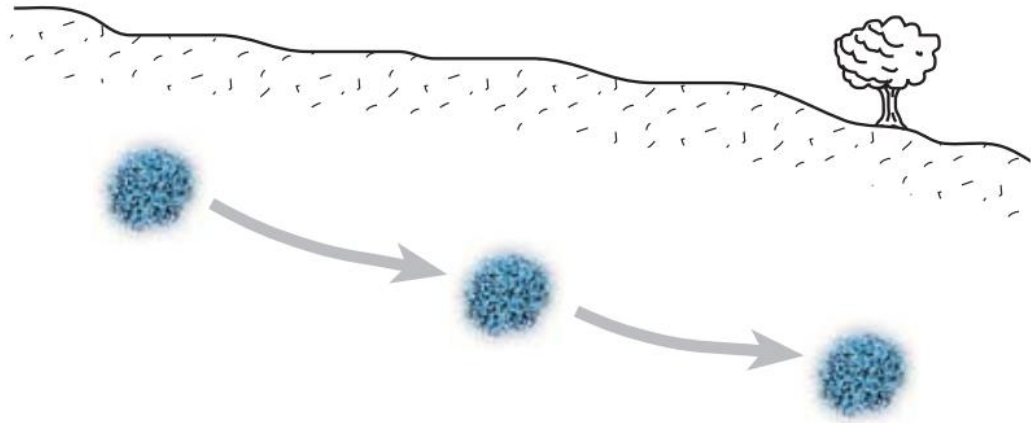


Figura 10. Transporte si se produjera sólo advección.

Fuente: Sanchez San Roman, 2012

c. **Dispersión mecánica**

Es de como un contaminante fluido fluye a través del medio poroso del suelo, en el cual se mezcla con el agua no contaminada, finalmente el resultado será una disolución del contaminante transporta y el proceso es conocido como dispersión, la dispersión del flujo se produce en forma longitudinal y lateralmente transversal (Sanchez San Roman, 2012).

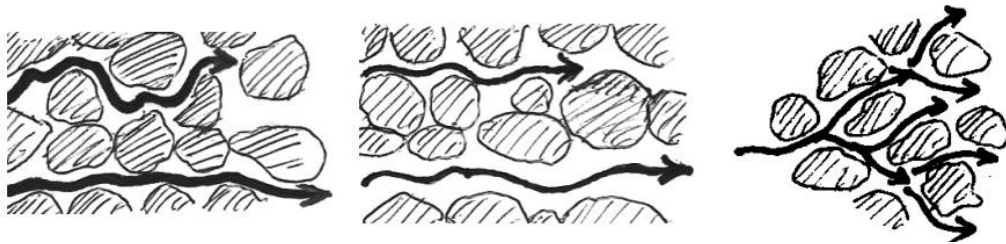


Figura 11. Dispersión mecánica, la primera muestra dispersión longitudinal tortuosa, la segunda muestra dispersión longitudinal amplia y la última muestra dispersión transversal.

Fuente: Sanchez San Roman, 2012

d. **Dispersión hidrodinámica**

La dispersión hidrodinámica (hydrodynamic dispersion) es la acción de difusión de manera conjunta con la dispersión mecánica, ambos fenómenos no

pueden considerarse separadamente, los dos formas de transporte de contaminantes se debe considerar en conjunto (Sanchez San Roman, 2012).

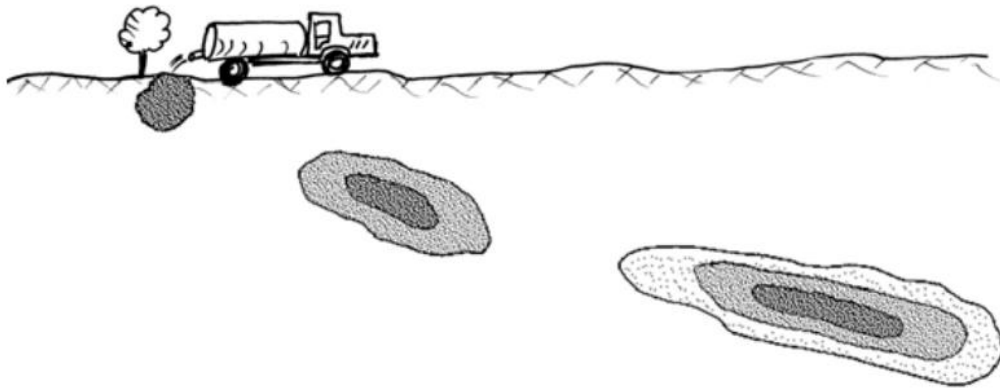


Figura 12. Inyección momentánea

Fuente: Sanchez San Roman, 2012

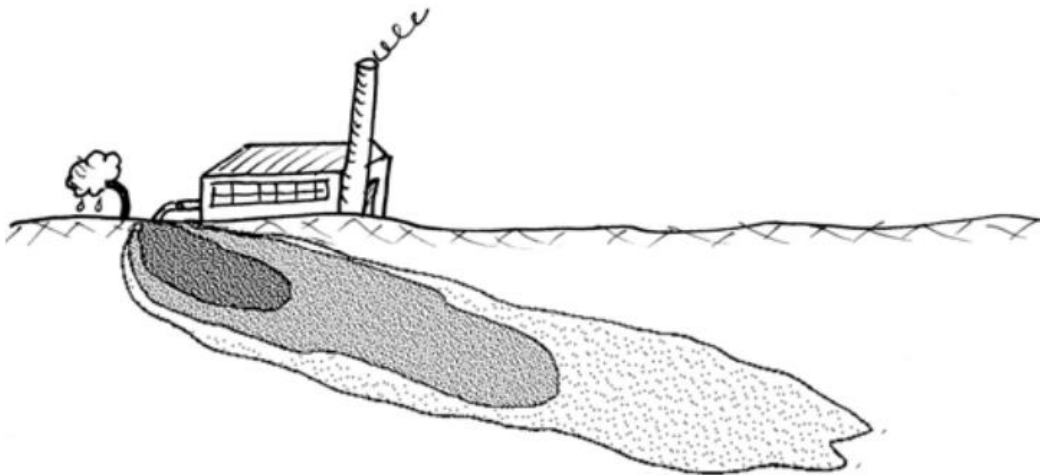


Figura 13. Inyección continua

Fuente: Sanchez San Roman, 2012

e. Retardo

El proceso de retardo en el traslado del contaminante está principalmente provocado por los procesos de adsorción, las moléculas del contaminante arrastrado por el agua del sub suelo quedan provisionalmente adheridas a los minerales y partículas del terreno, incorporándose posteriormente al flujo (Sanchez San Roman, 2012).

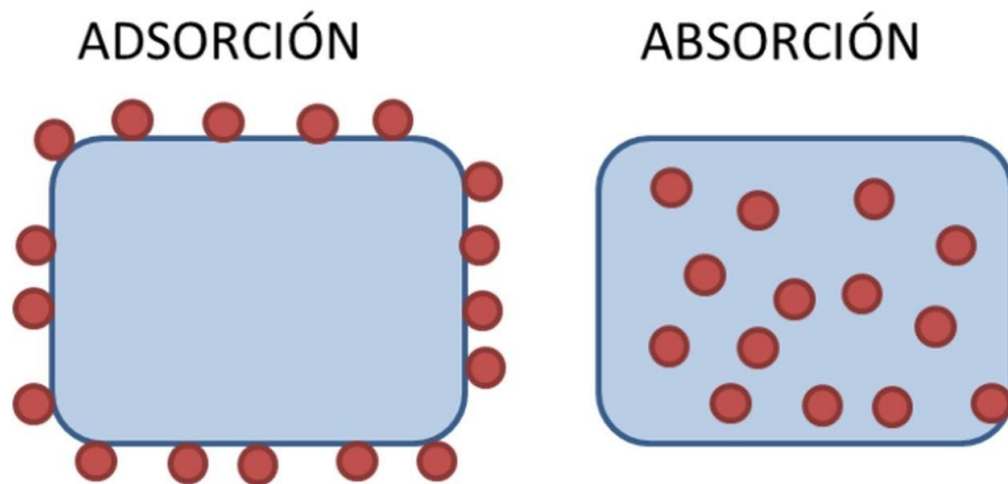


Figura 14. Retardo adsorción y absorción.

Fuente: Sanchez San Roman, 2012

2.2.37. El Estándar de Calidad Ambiental – ECA.

Es la medición que determina la cantidad de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, el agua o el suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no ponen en peligro significativo la salud humana o ambiental. Especifica además en el apartado 2 que la ECA es necesaria para el establecimiento de normas legislativas y políticas públicas. Dependiendo del parámetro específico al que se refiera, la concentración o el grado pueden establecerse en máximos, mínimos o rangos. Todos los instrumentos de gestión medioambiental deben diseñarse y utilizarse tomando este valor como referencia obligatoria. Además, como se indica en el apartado 3, la certificación ambiental creada por la Ley del Sistema Nacional de Impacto Ambiental (Mamani Vilcapaza, 2012).

Por el contrario, el apartado 4 estipula que ninguna autoridad judicial o administrativa podrá utilizar las normas nacionales de calidad ambiental para sancionar de ningún modo a personas físicas o jurídicas, a menos que pueda demostrarse que sus actos están directamente relacionados con la violación de los



criterios en cuestión. Las sanciones deben basarse en el incumplimiento por parte de una persona u organización de sus compromisos legales o éticos, incluidos los recogidos en los instrumentos de gestión medioambiental (Mamani Vilcapaza, 2012).

2.2.38. El Límite Máximo Permisible – LMP

Es una medida de la cantidad de un determinado elemento, sustancia o parámetro físico, químico o biológico que define un efluente o una emisión que, si se supera, perjudica o puede perjudicar la salud humana, el bienestar de los animales o el medio ambiente. El Ministerio de Medio Ambiente está de acuerdo con su conclusión. Los organismos integrantes del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, entre ellos el Ministerio de Medio Ambiente, tienen la obligación legal de velar por su cumplimiento. Corresponde a dicho Ministerio definir las normas para determinar la supervisión y las sanciones (Mamani Vilcapaza, 2012).

Además, según el apartado 2, el PML es coherente tanto con los niveles generales especificados en las ECA como con el grado de protección ambiental establecido para una fuente específica. Según la legislación aplicable, el uso de estos instrumentos debe garantizar que no se supere la capacidad de carga de los ecosistemas (Mamani Vilcapaza, 2012).

2.2.39. Parámetros biológicos

Estos parámetros son un signo de contaminación tanto orgánica como biológica. La descomposición de animales y plantas, la basura doméstica, los detergentes y otras actividades son ejemplos de contaminación orgánica del agua causada tanto por la actividad natural como por la humana. Más difíciles de



controlar que los contaminantes químicos o físicos, estos contaminantes requieren una regulación continua de los remedios (Mamani Vilcapaza, 2012).

a. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Mide la cantidad de oxígeno utilizado durante las actividades biológicas aeróbicas que eliminan los materiales orgánicos del agua, esta cantidad también se conoce como consumo de 5 días (DBO5) o (DBO21) días, se expresa en mg/l de oxígeno consumido, las aguas subterráneas suelen tener una concentración inferior a 1 mg/l; cualquier valor superior indica contaminación por infiltración freática, es muy variable en las aguas superficiales y está influida por las fuentes contaminantes aguas arriba. Oscila entre 100 y 350 mg/l en las aguas residuales domésticas, en aguas industriales alcanzaría varios miles de ppm, los parámetros biológicos tienen en cuenta principalmente el número de bacterias, huevos de parásitos y coliformes fecales, entre otros factores que tienen un gran impacto en la salud de las personas (Mamani Vilcapaza, 2012).

b. Demanda química de oxígeno (DQO)

Mide e identifica la capacidad de consumo de un oxidante químico, como el dicromato, permanganato, etc. por la suma de toda la materia orgánica e inorgánica oxidable, la medición se realiza en ppm de O₂, lo que lo convierte en un parámetro más rápido que el anterior por ser prácticamente instantáneo (Mamani Vilcapaza, 2012).

Los niveles de DQO en aguas limpias oscilan entre 1 y 5 ppm. Las aguas residuales domésticas tienen un rango de ppm de 260 a 600. Si la relación (DBO / DQO) es inferior a 0,2, el vertido se clasificará como inorgánico, y si es superior



a 0,6, se clasificará como orgánico. Este índice puede utilizarse para determinar el tipo de agua que se está estudiando (Mamani Vilcapaza, 2012).

2.2.40. Indicadores físicos y químicos del agua.

El hecho de que el agua pueda incluir todos los elementos de la tabla periódica conforma los parámetros físico-químicos o propiedades físico-químicas del agua. Aunque no hay muchos factores críticos para el tratamiento del agua bruta potable o que afecten a la salud del consumidor, los siguientes son vitales (Mamani Vilcapaza, 2012).

a. Nitratos

Es un nutriente crucial para el crecimiento de plantas y animales acuáticos. Suele aparecer en forma de amoníaco, nitratos y nitritos en el agua. Cuando los vertidos de aguas residuales domésticas entran en un recurso hídrico, el nitrógeno está presente en forma de nitrógeno orgánico amoniacal, que al entrar en contacto con el oxígeno disuelto se oxida para generar nitritos y nitratos. En el proceso de nitrificación influyen el pH del agua, el nivel de oxígeno disuelto y la temperatura. Debido a la polaridad del ion, los nitratos (sales de ácido nítrico, HNO_3) suelen ser especialmente solubles en agua. Los materiales nitrogenados sufren con frecuencia una transformación en nitratos tanto en medios acuáticos como terrestres. Los nitritos (sales del ácido nítrico, HNO_2) son solubles en agua. Se producen espontáneamente cuando los nitratos se transforman, ya sea en forma bacteriana incompleta (Mamani Vilcapaza, 2012).



Características

- Las bacterias desnitrificantes se utilizan para transformar el nitrato en nitrógeno gaseoso, ya que los nitratos son más difíciles de eliminar que los fosfatos.
- Al ser ésta la forma de nitrógeno más estable termodinámicamente en presencia de oxígeno, son especialmente solubles en agua y tienden a transformarse en el ion nitrato NO_3 y sus sales o sales de ácido nítrico, HNO_3 .
- Estos nutrientes se utilizan como fertilizantes porque son fáciles de absorber por las plantas. La adición de nitratos al agua de lagos, ríos y océanos favorece el crecimiento de algas (eutrofización).
- El tipo de nitrógeno más oxidado y presente en las aguas residuales es el nitrato. La concentración de un efluente secundario que vaya a recuperarse para la recarga de aguas subterráneas debe ser:
- Es recomendable $< 1 \text{ mg/L}$.

Riesgos

- La presencia de condiciones favorables para la conversión de nitratos en nitritos y algunas características personales también influyen en los riesgos para la salud asociados a la exposición a nitratos y nitritos. Esto impide formular una relación dosis-respuesta con respecto a la presencia de nitratos en el agua o los alimentos.
- Los niños menores de 6 meses que beben agua con alto contenido en nitratos y nitritos corren el riesgo de desarrollar metahemoglobinemia infantil, una enfermedad peligrosa.



b. Los nitritos

El ciclo del nitrógeno incluye los iones naturales nitrato y nitrito. El nitrito sódico es un conservante alimentario, sobre todo para carnes curadas, y el nitrato se emplea principalmente en fertilizantes inorgánicos, los niveles de nitrato en las aguas superficiales y subterráneas suelen ser bajos, pero pueden aumentar debido a la oxidación del amoníaco, la contaminación por residuos humanos o animales, la filtración o escorrentía de tierras agrícolas y otros factores, la producción y persistencia de nitritos puede verse favorecida por circunstancias anaeróbicas, si la generación de cloramina no se regula adecuadamente, la cloraminación podría provocar la acumulación de nitrito en el sistema de distribución, el resultado de la actividad microbiana es el potencial de producción intermitente de nitrito, la nitrificación en los sistemas de distribución puede elevar los niveles de nitrito, que suelen ser del 0,2 al 1,5 mg/L (Mamani Vilcapaza, 2012).

El principal problema sanitario que plantean el nitrito y el nitrato es la metahemoglobinemia, a menudo conocida como "síndrome cianótico del recién nacido". El estómago de los lactantes convierte el nitrato en nitrito, que puede oxidar la hemoglobina y convertirla en metahemoglobina, que no puede transportar oxígeno por el organismo. Cuando la concentración de metahemoglobina alcanza o supera el 10% de la concentración normal de hemoglobina, la disminución del transporte de oxígeno se hace clínicamente evidente. Esta enfermedad, conocida como metahemoglobinemia, provoca cianosis y, en concentraciones mayores, asfixia (Mamani Vilcapaza, 2012).

En esta tercera edición, la OMS fija el límite de nitrato en las aguas superficiales en 50 mg/L para proteger a los niños alimentados con biberón contra



la metahemoglobinemia (exposición de corta duración). Mientras que el valor de referencia para el nitrito es de 0,2 mg/L (provisional; exposición prolongada) para la metahemoglobinemia en neonatos y de 3 mg/L (exposición a corto plazo). Debido a la incertidumbre que rodea la importancia de los efectos adversos para la salud documentados en las personas y a la sensibilidad de los seres humanos en comparación con los animales, el valor de recomendación para los efectos crónicos del nitrito se considera preliminar. Dado que el uso de cloramina dará lugar a una acumulación esporádica de nitrito en los sistemas de distribución, los niveles medios de exposición a lo largo del tiempo no deberían ser superiores a la cantidad de recomendación provisional. A pesar de que el valor de referencia para el nitrato y el nitrito combinados implica que el total de los cocientes entre la concentración de cada uno el valor referencial no debe ser $> 1\text{mg/L}$ (OMS, 2006).

c. Potencial de hidrogeno (pH)

La medición de la concentración de iones de hidrógeno. Determina si una solución acuosa es ácida o alcalina. Debido a la presencia de ácidos y bases, así como a la hidrólisis de sales disueltas, el pH del agua pura varía de 5 a 9 a 25 °C. Las sales de bases débiles y ácidos fuertes, como el CaCl_2 , provocan una reducción del pH, mientras que la presencia de sales fuertes y ácidos débiles eleva el pH (Mamani Vilcapaza, 2012).

En Las Normas Internacionales para el Agua Potable de la OMS de 1958 sugerían que un pH inferior a 6,5 o superior a 9,2 perjudicaría enormemente la potabilidad del agua. Sin embargo, en esta tercera edición de la OMS no se especifica ninguna norma. El rango de pH de 6,5 a 9,2 se mantuvo como el rango permitido por las Normas Internacionales de 1963 y 1971. Basándose en factores



relacionados con las propiedades organolépticas del agua, se determinó que el valor de referencia para el pH se situaba en el intervalo de 6,5 a 8,5 en la primera edición de las Guías para la calidad del agua potable, publicadas en 1984. Se señaló que, en ausencia de un sistema de distribución, el intervalo de pH admisible puede ser mayor. Las Guías de 1993 no establecían ningún valor de referencia para el pH basado en los efectos sobre la salud. Aunque el pH no afecta directo al consumidor. (OMS, 2006).

Según las investigaciones del INRENA y otras investigaciones, el pH promedio de la caracterización de las aguas subterráneas estaba entre 6,7 y 8,1, teniendo el valle de San Juan Chincha un pH tan bajo como 6,42 y tan alto como 8,56, mientras que los otros valles no pasan de 8,25. El valor más alto de pH descubierto en la investigación del pozo Vista Florida-Chiclayo fue de 7.6. Todos ellos están incluidos en la subcategoría A-1 propuesta, que oscila entre 6,5 y 8,5, mientras que se ha determinado que el rango de la subcategoría A-2 es de 5,5 a 9,0. También se ha aprobado que las categorías B y C utilicen el intervalo de 6,5 a 8,5. (Mamani Vilcapaza, 2012).

d. Conductividad eléctrica

La capacidad del agua para conducir la electricidad se mide por su conductividad eléctrica. Es un indicador de la cantidad total de materiales ionizables en el agua. La capacidad del agua para conducir la electricidad se debe a las sales disueltas. La cantidad de sales solubles en el agua viene determinada por la electroconductividad (CE), y la resistividad es la medida opuesta a la conductividad. El agua pura contribuye muy poco a la conductividad. La unidad de medida megaOhms-cm para la resistividad del agua es la misma que el ohmio,



mientras que la unidad de medida microsiemens-por-cm para la conductividad es el recíproco del ohmio. Los valores correspondientes para el agua ultrapura a 25 °C son 18,24 mohms/cm y 0,05483 s/cm (Mamani Vilcapaza, 2012).

Dado que esto es resultado de la concentración de compuestos en el agua como se mencionó anteriormente, no se establecen valores en esta tercera edición de la OMS, y no existen valores en las normas de República Dominicana. Por el contrario, en normas internacionales establecen valores en el rango de 400 y 1600 microsiems/cm para los tipos A-1 y A-2, el cual equivale a la norma de (Costa Rica y El Salvador, respectivamente). Adicionalmente, se han establecido valores de 1600 S/cm y 2000 S/cm para la subcategoría A-1 y subcategoría A-2, respectivamente, debido a las mayores concentraciones de sólidos disueltos en las aguas subterráneas que en las superficiales, respectivamente (OMS, 2006).

e. Temperatura

Argumenta que la medición precisa de la temperatura es crucial para diversos procedimientos de tratamiento y análisis de laboratorio, así como para estudios sobre la contaminación fluvial y el sistema inmunitario (Mamani Vilcapaza, 2012).

Se puede utilizar un termómetro de mercurio de buena calidad para determinar la temperatura en el lugar de muestreo a fin de obtener datos precisos sobre la descarga. La lectura debe tomarse después de un tiempo suficiente para que el nivel de mercurio se estabilice, con el termómetro sumergido en el agua, preferiblemente con el agua en movimiento. Dado que el mercurio es peligroso, debe evitarse cualquier posible rotura del termómetro en agua destinada a la ingestión. Afirma que es uno de los factores físicos más cruciales que afectan al



agua porque suele afectar a la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la sedimentación, filtración, floculación la deposición y diversos factores, principalmente ambientales, pueden provocar este cambio (Mamani Vilcapaza, 2012).

Características:

- La reducción del oxígeno en las aguas superficiales, unida a un aumento de la velocidad de las reacciones químicas que generan un aumento de la temperatura.
- En agua caliente el oxígeno es menos soluble que en agua fría.
- Esto contribuye con frecuencia a que las aguas superficiales pierdan más oxígeno en verano.
- Un cambio brusco de temperatura puede provocar un aumento de la mortalidad de la vida acuática.
- La muerte de la vida acuática puede aumentar como consecuencia del aumento de la temperatura.
- Cuando supera los 50°C, la temperatura ya no favorece el desarrollo de las actividades. Las bacterias productoras de metano dejan de producir gas a unos 15 grados Celsius.

Riesgos para la salud:

- Las temperaturas anormalmente altas pueden favorecer el crecimiento de hongos y plantas acuáticas, lo que no es lo ideal.
- Todos los nadadores que no lleven ropa de inmersión adecuada corren el riesgo de morir si pasan mucho tiempo sumergidos en agua a menos de 15 grados centígrados. La capacidad de tolerar una temperatura corporal interna



elevada, así como el peligro de sufrir lesiones por una exposición prolongada, determinarán la probabilidad de supervivencia de una persona sumergida en agua de 34 a 35°C.

f. Oxígeno disuelto (OD)

Observa que su aportación al agua es crucial; procede principalmente del aire. niveles bajos o ausentes de oxígeno en el agua. Puede considerarse un indicio de contaminación, ya que puede significar una contaminación importante, condiciones sépticas de materiales orgánicos o una actividad bacteriana intensa (Mamani Vilcapaza, 2012).

La cantidad de oxígeno disuelto en el agua bruta está influida por la mineralización del agua, la presión y la temperatura. La solubilidad de un gas en un líquido es directamente proporcional a la presión parcial e inversamente proporcional a la temperatura, según la ley de Henry y Dalton. En el agua destilada se puede disolver más oxígeno que en el agua bruta. Dado que el oxígeno tiene ventajas e inconvenientes, no se puede determinar un nivel óptimo de oxígeno en el agua. Sin embargo, lo ideal es que el OD esté cerca del punto de saturación si el agua contiene amoníaco o hierro y manganeso en sus formas reducidas. Si fluyen aguas superficiales no contaminadas, suelen estar sobresaturadas de oxígeno y, en ocasiones, incluso sobresaturadas en mayor grado (Mamani Vilcapaza, 2012).

De la observación de los datos de OD en algunos ríos puede deducirse que la mayoría de ellos presentan contaminaciones intermitentes que son simplemente sucesos locales y no tienen impacto en la salud general de los ríos.



Por otra parte, al disminuir el caudal de un río en verano, hay menos oxígeno disponible en general, lo que provoca un aumento del volumen de oxígeno que consume la vida acuática. Por lo tanto, no es sorprendente que el OD varíe significativamente entre el verano y el invierno. Además, como los seres vivos necesitan oxígeno para respirar las 24 horas del día, su contenido cambia a lo largo del día y de la noche. Sin embargo, la luz solar es necesaria para que se produzca la fotosíntesis, se ha demostrado que existe una correlación directa entre la distribución del oxígeno y la productividad de la materia orgánica, tanto viva como muerta. Por otro lado, el contenido de OD de una masa de agua afecta a su capacidad de autodepuración. En la práctica, es evidente que a 10 oC, la presencia de seres vivos a través de la respiración y la descomposición de los muertos controla la distribución de oxígeno en el agua. En cambio, a temperaturas de 20 oC o superiores, esta distribución viene determinada por el metabolismo de cada ser vivo presente. El agua utilizada para beber debe tener una concentración específica de oxígeno disuelto, se ha demostrado que existe una correlación directa entre la distribución de oxígeno y la productividad de la materia orgánica, tanto viva como muerta. Por otro lado, el contenido de oxígeno disuelto de una masa de agua afecta a su capacidad de autodepuración. En la práctica, es evidente que a 10 oC, la presencia de seres vivos a través de la respiración y la descomposición de los muertos controla la distribución de oxígeno en el agua. En cambio, a temperaturas de 20 oC o superiores, esta distribución viene determinada por el metabolismo de cada ser vivo presente. El agua utilizada para beber debe tener una concentración específica de oxígeno disuelto (Mamani Vilcapaza, 2012).



g. Sólidos disueltos totales.

Porción de sólidos totales en el agua que consiste en sales, compuestos orgánicos solubles y partículas coloidales. Las partículas disueltas en el agua alteran la evaporación al proporcionar atracciones adicionales que hacen que las moléculas del líquido se "peguen" más entre sí. También reducen la cantidad de energía suministrada al objeto al reflejar la luz solar. En consecuencia, la evaporación es menor. 1000 mg/L es el límite fijado por la OMS para los sólidos disueltos. La cantidad fijada por cada nación varía, situándose tanto por encima como por debajo del límite de la OMS, el 60% de las naciones han adoptado las recomendaciones de las Directrices, lo que indica que las naciones las han aceptado en general. La República Dominicana y Argentina constituyen el 10% de las naciones que permiten concentraciones de hasta 1500 mg/L por encima de este límite. Mientras que la OMS recomienda concentraciones de entre 500 y 600 mg/L, países como Canadá, Estados Unidos, El Salvador, Guatemala, Panamá y Colombia tienen normas más estrictas y establecen niveles de concentración más bajos. Estas naciones representan el 30% de todos los países (Mamani Vilcapaza, 2012).

En la tercera edición de la OMS no se establece ningún valor para este parámetro; sin embargo, para las aguas superficiales destinadas al consumo humano en los países americanos, los valores han oscilado entre 500 mg/L (EE.UU., Canadá, Panamá, Guatemala y Colombia) y 1500 mg/L (Argentina y República Dominicana). Estos valores son equivalentes al valor de la subcategoría A-1 de 1000 mg/L y a los valores de la subcategoría A-2 de 1500 mg/L para la Categoría B y de 500 mg/L, para la Categoría C (OMS, 2006).



h. Fósforo y nitrógeno total

Se ha establecido solo parámetros para la Categoría C: 0,4 y 1,6 para el fosforo y nitrógeno totales respectivamente y cuyo valor es similar a la que establece el D.S. N° 002 – 2008 – MINAM “Estándares de Calidad Ambiental para Agua” en virtud a que concentraciones superiores pueden generar deterioro por eutrofización y que puede repercutir en cambios físicos como turbiedad y pH (Mamani Vilcapaza, 2012).

i. Turbidez.

Puede producirse por la presencia de gases disueltos y suspendidos, líquidos y partículas sólidas, tanto orgánicas como inorgánicas. Por tres razones - estética, filtrabilidad y desinfección- la turbidez es un factor importante en el agua de consumo público. La OMS recomienda un máximo de 5 NTU (unidades nefelométricas de turbidez) para el agua potable, que tiene un alto índice de dispersión, sobre todo en algunas naciones de América Central y del Sur. El 10% de los países superan el nivel recomendado por la OMS, entre ellos Guatemala (15 NTU) y la República Dominicana (10 NTU), ambos por encima del límite, Argentina tiene tres UNT, y Brasil y Panamá tienen una cada uno, lo que les sitúa un 15% por debajo del límite de la OMS. Por último, y de acuerdo con los criterios de la OMS, el 75% de los encuestados demuestra una fuerte aceptación de los requisitos nacionales en la calidad del agua que las distintas leyes pretenden dar a los consumidores (Mamani Vilcapaza, 2012).

j. Color.

Es la capacidad de absorber fotones específicos del espectro visible. Aunque ciertos colores naturales del agua pueden utilizarse para identificar



determinados contaminantes, no pueden vincularse totalmente a un ingrediente concreto. El agua pura sólo aparece azulada a grandes profundidades. En general, presenta tonalidades provocadas por los componentes orgánicos de los suelos vegetales, como el tono amarillo inducido por el ácido húmico. Puede tener un tono rojizo si hay hierro y un tono negro si hay manganeso. Cuando se emplea como material de proceso, la tonalidad puede reflejar el potencial de determinados productos, además de tener un impacto estético en la potabilidad del agua (Llamas M. & Custodio, 2004).

k. Sabor y olor.

No existen instrumentos de observación, ni registros, ni unidades de medida para el sabor y el olor del agua, que son determinaciones organolépticas de determinación subjetiva, el agua potable destinada al consumo humano es obviamente importante para ellos. Con 300 ppm de Cl y más de 450 ppm de $SO_4^{=}$, las aguas empiezan a saber saladas y amargas. Su sabor es agrio debido al CO_2 . Tiene un color y sabor desagradables debido al fenol u otros restos de componentes químicos (Llamas M. & Custodio, 2004).

2.2.41. Importancia de la calidad de agua

Se considera un componente necesario para la vida y se consume para satisfacer las necesidades de agua del organismo, es interesante desde el punto de vista bromatológico porque se utiliza ampliamente en la industria alimentaria y como bebida, el agua utilizada como alimento debe cumplir criterios higiénicos y químicos, al no ser alimentaria, el agua pura no tiene importancia., es interesante estudiar las aguas naturales que contienen más iones, concentraciones de



moléculas orgánicas y minerales que se producen cuando el agua interactúa con el suelo y la atmósfera (Llamas M. & Custodio, 2004).

El valor de los recursos hídricos para la sociedad se considera un recurso crucial para el desarrollo social y económico de los países, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO 2002) afirma que la agricultura, un sector económico importante en muchas naciones, utiliza alrededor del 70% del agua total extraída, seguida de la industria (20%) y el uso doméstico (10%). Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la mala calidad del agua es otro problema que se suma a la disponibilidad, más de 1000 millones de personas carecen de acceso a agua limpia, al menos el 29% de las zonas rurales carecen de sistemas de saneamiento y entre el 90% y el 95% de las aguas residuales y el 70% de los residuos industriales se vierten en las aguas superficiales sin ningún tipo de tratamiento, contaminando los suministros de agua utilizables. A su vez, las prácticas agrícolas, sobre todo en los países industrializados, contaminan considerablemente las aguas subterráneas y superficiales a través de la escorrentía de fertilizantes y pesticidas, así como de la lluvia ácida (FAO, 2016).

2.2.42. Infecciones transmitidas por el agua

La variedad de patógenos varía en función de diversos factores, como el aumento de la población humana y animal, el incremento del uso de aguas residuales, los cambios en los hábitos de la población o las intervenciones médicas, las migraciones y viajes de la población y las presiones selectivas que favorecen la aparición de patógenos nuevos o mutantes o las recombinaciones de patógenos existentes. Muestran que hay varios tipos de patógenos que pueden



transmitirse por el agua de consumo contaminada (Ríos Tobón, Agudelo Cadavid, & Gutiérrez Builes, 2017).

También demuestra que existe una amplia gama en la inmunidad de cada persona, independientemente de si se desarrolló por el encuentro con un agente patógeno o se vio influida por elementos como la edad, el sexo, la salud y las circunstancias de vida.

2.2.43. Normas que garantizan la calidad de agua

Señala que diversos foros políticos internacionales, incluidas conferencias relacionadas con la salud como la conferencia internacional sobre atención primaria de salud celebrada en Alma Ata, Kazajstán (antigua Unión Soviética) en 1978, conferencias sobre el agua como la Conferencia Mundial del Agua de 1977 en Mar de la Plata, Argentina, que estableció la Organización Internacional de Agua Potable y Saneamiento e Higiene, han incluido referencias a la importancia del agua, el saneamiento y la higiene para la salud y el desarrollo en sus documentos finales. La Asamblea General de las Naciones Unidas designó recientemente los años 2005 a 2015 como decenio internacional "El agua, fuente de vida" (Tapia Alarcon , 2017).

En él se muestra que la OMS ha creado las Guías para la calidad del agua potable, cuyo objetivo principal es servir de directrices para la elaboración de normas nacionales por parte de los responsables de la política del agua y la salud, los gestores y sus asesores. Muchas otras personas utilizan las directrices y los documentos conexos como fuente de conocimientos sobre la salud y la seguridad del agua, así como de técnicas prácticas de gestión (Mamani Vilcapaza, 2012).



2.2.44. Evaluación de la calidad de agua

Explica que determinar la calidad del agua es un proceso polifacético que examina las características físicas, químicas y biológicas del agua en relación con los efectos sobre la calidad natural, la salud humana y la salud acuática (Ríos Tobón, Agudelo Cadavid, & Gutiérrez Builes, 2017).

Nos indica que la evaluación de la calidad del agua se realiza usando técnicas analíticas adecuadas para cada caso. Para que los resultados de estas determinaciones sean representativos, es necesario dar mucha importancia a los procesos de muestreo y a las unidades y terminologías empleadas (Ríos Tobón, Agudelo Cadavid, & Gutiérrez Builes, 2017).

También explica que los resultados del análisis deben tratarse estadísticamente para interpretar correctamente los datos adquiridos, teniendo en cuenta la asociación de los iones entre sí, las variables que controlan cómo se comportan los constituyentes del agua, etc. La evaluación de los recursos hídricos puede hacerse correctamente utilizando gráficos para ilustrar los vínculos físicos y químicos entre el agua, las posibles fuentes de contaminación o polución y el régimen de calidad (Ríos Tobón, Agudelo Cadavid, & Gutiérrez Builes, 2017).

Se denomina evaluación de la calidad del agua al estudio técnico que establece las características organolépticas, físicas, químicas y biológicas del agua en desagües municipales o industriales, masas receptoras, canales, cuencas de captación y otros sistemas de abastecimiento de agua (OMS, 2006).

Dice que se incluyen en este tipo de estudios el desarrollo del programa de muestreo, las campañas de seguimiento, la caracterización analítica in situ y en laboratorio, la revisión de los resultados y el informe sobre la calidad de diversas



corrientes de abastecimiento de agua y efluentes producidos en centros urbanos y/o industriales, así como de masas de agua territoriales y costeras respecto a la normativa vigente, criterios ecológicos o criterios de uso (OMS, 2006).

2.2.45. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua

Las Normas de Estándares Nacionales de Calidad Ambientales de Aguas (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) son instrumentos de gestión ambiental que incluyen parámetros y obligaciones que tienen por objeto regular y proteger la salud pública y la calidad ambiental en la que vivimos. Al permitir a la autoridad ambiental desarrollar acciones de control, monitoreo y fiscalización de los efectos causados por las actividades humanas, estas normas nacionales para aguas superficiales en el Perú se rigen por la Ley de Protección del Ambiente (Mamani Vilcapaza, 2012).

- DS N° 002 – 2008 – MINAM, (estándares nacionales de Calidad Ambiental para agua Categorías 1, 2, 3 y 4).
- DS N° 023 – 2009 – MINAM, (disposiciones para la implementación de los estándares nacionales de Calidad Ambiental – ECA para agua).
- DS N° 004 – 2017 – MINAM, (aprueban estándares nacionales de Calidad Ambiental – ECA para agua y establecen disposiciones complementarias).

Los Estándares Nacionales vigentes sobre el agua superficial se han establecido tomando en cuenta las recomendaciones de la OMS, además de algunos estudios previos, dichas normas son para las diversas categorías de uso de aguas y se encuentran detallados a continuación en las siguientes tablas (Mamani Vilcapaza, 2012).

Tabla 4. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua – Categoría 1: poblacional y recreacional “I”.

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que puede ser potabilizado con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Agua que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto primario	Contacto secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
FISICOS- QUIMICOS						
Aceites y grasa	mg/L	0.5	1.7	1.7	Ausencia de película visible	**
Cianuro total	mg/L	0.07	**	**	0.08	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0.2	0.2	0.022	0.022
Cloruros	mg/L	250	250	250	**	**
Color (b)	Color verdadero escala Pt/Co	15	100	**	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Conductividad	µs/cm	1500	1600	**	**	**
DBO5	mg/L	3	5	10	5	10
D.Q.O.	mg/L	10	20	30	30	50
Dureza	mg/L	500	**	**	**	**
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.5	0.5	Na	0.5	Ausencia de espuma persistente
Fenoles	mg/L	0.003	**	**	**	**
Fluoruros	mg/L	1.5	**	**	**	**
Fosforo Total	mg/LP	0.1	0.15	0.15	**	**
Materiales Flotantes		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos	mq/LN	50	50	50	10	**
Nitritos	mq/LN	3	3	**	1	**
Olor		Aceptable	**	**	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto	mg/L	>=6	>=5	>=4	>=5	>=4
PH	Unidad de pH	6,5 - 8,5	5,5 - 9,0	5,5 - 9,0	6.0 - 9.0	**
Sólidos Disueltos Totales	mq/L	1000	1000	1500	**	**
Sulfatos	mg/L	250	500	**	0.05	**
Temperatura	°C	Δ3	Δ3	**	**	**
Turbiedad	UNT	5	100	**	100	**
INORGANICOS						
Aluminio	mg/L	0.9	5	5	0.2	
Antimonio	mg/L	0.02	0.02	**	0.006	
Arsénico	mg/L	0.01	0.01	0.15	0.01	
Bario	mg/L	0.7	1	**	0.7	
Berilio	mg/L	0.012	0.04	0.1	0.04	
Boro	mg/L	2.4	2.4	2.4	0.5	**
Cadmio	mg/L	0.003	0.005	0.01	0.01	**
Cobre	mq/L	2	2	2	2	**
Cromo Total	mq/L	0.05	0.05	0.05	0.05	**
Hierro	mq/L	0.3	1	5	0.3	**
Manganeso	mg/L	0.4	0.4	0.5	0.1	**
Mercurio	mg/L	0.001	0.002	0.002	0.001	**
Níquel	mg/L	0.07	**	**	0.02	**

Fuente: MINAM, Estándares nacionales de Calidad Ambiental – ECA para agua

Tabla 5. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua – Categoría 3: riego de vegetales y bebidas de animales “I”.

PARAMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO			PARAMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES		
PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
FISICOQUIMICOS			FISICOQUIMICOS		
Aceites y grasas	mg/L	5	Conductividad Eléctrica	μS/cm)	5000
Bicarbonatos	mg/L	518	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15
Carbonatos	mg/L	**	Demanda química de Oxígeno	mg/L	40
Cloruros	mg/L	500	Fluoruro	mg/L	**
Conductividad	(μS/cm)	2500	Nitratos (NO ₂ -N)	mg/L	100
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15	Nitritos-(NO ₂ - N)	mg/L	10
Demanda química de Oxígeno	mg/L	40	Oxígeno Disuelto	mg/L	> =5
Fluoruros	mg/L	1	pH	Unidad de pH	6,5 - 8,4
Fosfatos - P	mg/L	**	Sulfatos	mg/L	1000
Nitratos (NO ₂ -N)	mg/L	100	Sulfuros	mg/L	**
Nitritos-(NO ₂ - N)	mg/L	10.00	INORGÁNICOS		
Oxígeno Disuelto	mg/L	>=4	Aluminio	mg/L	5
pH	Unidad de pH	6,5 - 8,5	Arsénico	mg/L	0.2
Sodio	mg/L	**	Berilio	mg/L	0.1
Sulfatos	mg/L	1000	Boro	mg/L	5
Sulfuros	mg/L	**	Cadmio	mg/L	0.05
INORGANICOS			Cianuro WAD	mg/L	**
Aluminio	mg/L	5	Cobalto	mg/L	1
Arsénico	mg/L	0.10	Cobre	mg/L	0.5
Bario total	mg/L	0.7	Cromo (6+)	mg/L	1
Boro	mg/L	1	Hierro	mg/L	**
Cadmio	mg/L	0.010	Litio	mg/L	2.5
Cianuro Wad	mg/L	**	Magnesio	mg/L	250
Cobalto	mg/L	0.05	Manganeso	mg/L	0.2
Cobre	mg/L	0.2	Mercurio	mg/L	0.010
Cromo (6+)	mg/L	0.1	Níquel	mg/L	1.0
Hierro	mg/L	5	Plata	mg/L	**
Litio	mg/L	2.5	Plomo	mg/L	0.05
Magnesio	mg/L	**	Selenio	mg/L	0.05
Manganeso	mg/L	0.2	Zinc	mg/L	24
Mercurio	mg/L	0.001	ORGANICOS		
Níquel	mg/L	0.2	Aceites y grasas	mg/L	10
Plata	mg/L	**	Fenoles	mg/L	0.010
Plomo	mg/L	0.05	S.A.A.M: (detergentes)	mg/L	1
Selenio	mg/L	0.02	PLAGUICIDAS		
Zinc	mg/L	2	Aldicard	μg/L	11
ORGANICOS			Alcadrin (CAS 309-00-2)	μg/L	0.07
Aceites v Grasas	mg/L	5	Clordano (CAS 57-74-9)	μg/L	7.0
Fenoles	mg/L	0.002	DDT	μg/L	30
S.A.A.M. (detergentes)	mg/L	0.20	Dieltrin (N° CAS 72-20-8)	μg/L	0.5

Fuente: MINAM, Estándares nacionales de Calidad Ambiental – ECA para agua.

Tabla 6. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua – Categoría 4: conservación del ambiente acuático.

PARÁMETROS	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICO - QUÍMICOS						
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Cianuro libre	mg/L	0.0052	0.0052	0.0052	0.001	0.001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0.008	**	**	**	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DB05)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2.56	2.56	2.56	5.8	5.8
Fósforo total	mg/L	0.035	0.05	0.05	0.124	0.062
Nitratos (NOJ (c))	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco Total (NH)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0.315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	5	5	5	4	4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	s; 25	s; 100	s; 400	s; 100	s; 30
Sulfuros	mg/L	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Temperatura	°C	6.3	6.3	6.3	6.2	6.2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0.64	0.64	0.64	**	**
Arsénico	mg/L	0.15	0.15	0.15	0.036	0.036
Bario	mg/L	0.7	0.7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0.00025	0.00025	0.00025	0.0088	0.0088
Cobre	mg/L	0, 1	0.1	0, 1	0.05	0.05
Cromo VI	mg/L	0.011	0.011	0.011	0.05	0.05
Mercurio	mg/L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Níquel	mg/L	0.052	0.052	0.052	0.0082	0.0082
Plomo	mg/L	0.0025	0.0025	0.0025	0.0081	0.0081
Selenio	mg/L	0.005	0.005	0.005	0.071	0.071
Talio	mg/L	0.0008	0.0008	0.0008	**	**
Zinc	mg/L	0.12	0.12	0.12	0.081	0.081

Fuente: MINAM, Estándares nacionales de Calidad Ambiental – ECA para agua

Tabla 7. Parámetros utilizados en los Índices Fisicoquímicos de calidad de aguas.

Parámetros Organolépticos	Color		
	Turbidez		
	Olor		
		Sabor	
Parámetros físicos	Sólidos Totales (residuo seco)	Sólidos Suspendidos (Sedimentables y no sedimentables)	
	Sólidos Filtrables (Coloidales y disueltos)		
	Temperatura		
	Conductividad		
	Radiactividad		
Parámetros químicos	Salinidad		
	Dureza		
	pH		
	Alcalinidad		
	Acidez		
	Oxígeno disuelto		
	Materia Orgánica		
	DBO (demanda bioquímica de oxígeno)		
	DBO (demanda química de oxígeno)		
	COT (carbono orgánico total)		
	Bionutrientes (N.P)		
	Otros compuestos	Metales pesados	
	Aniones y cationes		
	Sustancias indeseables		
	Sustancias tóxicas		
Parámetros Microbiológicos	Indicadores	Coliformes (totales y fecales)	
	Estreptococos fecales		
	Enterococos fecales		
	Ensayos Específicos (salmonella, Legionela)		

Fuente: MINAM, Estándares nacionales de Calidad Ambiental – ECA para agua

Tabla 8. Comparación de calidad de agua superficial y subterránea

Parámetro	Agua superficial	Agua subterránea
Temperatura	Varía con estación	Constante
Turbidez v sólidos suspendidos	Varía v suele ser alta	Baja o nula
Contenido mineral	Varía (suelo, lluvia...)	Constante y niveles altos
Fe, Mn v divalentes	Algo	Siempre alto
Dióxido de carbono	Poco	Siempre algo
Oxígeno disuelto	Saturación (sin contaminación)	Bajo, requiere aireación
Amonio	Sólo en agua contaminada	En aumento
Sulfuro de hidrógeno	Nada	Normalmente algo
Sílice	Niveles moderados	Ausente
Nitrato	Ausente	En aumento
Organismos vivos	Puede tener altos niveles	Normalmente nada

Fuente: MINAM, Estándares nacionales de Calidad Ambiental – ECA para agua

2.2.46. Clasificación del agua según su aplicación.

Para realizar la propuesta se ha considerado las tres (03) categorías homólogas de clasificación según la Ley N° 29338 Ley de Recursos Hídricos y son las siguientes (Mamani Vilcapaza, 2012).

Categoría 1: aguas subterráneas destinadas para la producción de agua potable.

- A1: Aguas que puede potabilizar con desinfección en concordancia a lo fijado en la Ley 29338, Art 36 agua para uso primario.
- A2: Aguas que se pueden potabilizar con tratamiento convencional o avanzado, según lo fijado en la Ley 29338, Art 39 agua para uso poblacional.

Categoría B: Aguas subterráneas aprovechables para uso agropecuario (Acorde a lo fijado en la Ley 29338, Art 43 agua de tipo de uso productivo numeral 1 tipo agrario: pecuario y agrícola)



Categoría C: Aguas subterráneas para conservación del ambiente según la Ley 29338, y normas ambientales aplicables.

En base a la esta clasificación de aguas subterráneas se propone que los estándares de calidad ambiental para agua subterránea serán los siguientes (Mamani Vilcapaza, 2012).

Categoría 3: Riego de Vegetales y bebidas de animales

a) Subcategoría D1: Riego de vegetales

- Agua para riego no restringido
- Agua para riego restringido

b) Subcategoría D2: Bebida de animales

Categoría 4: Conservación del medio ambiente acuático

a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos

b) Subcategoría E2: Ríos

- Ríos de la costa y sierra
- Ríos de la selva

c) Subcategoría E3: Ecosistemas costeras y marinas

- Estuarios
- Marinos

Los ECA- para agua son de cumplimiento obligatorio para la determinación del uso que se lo va dar de todos los cuerpos de agua, atendiendo las condiciones naturales y en los niveles de fondo, así como el diseño de normas

legales, de acuerdo a lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente. El cual sirve para evaluar la calidad de los cuerpos de agua.

2.2.47. Para cálculo del índice de calidad de agua ICA-PE.

Para la determinación del índice de calidad de agua superficial, y determinar el grado de contaminación en función a los parámetros físico químicos se aplica la fórmula canadiense, que comprende tres (03) factores (alcance, frecuencia y amplitud), con el resultado y cálculo matemático de los tres factores se realiza el cálculo matemático un valor único (entre 0 y 100), que va representar e identificar el estado de la calidad del agua de un punto de monitoreo, un curso de agua, para la determinación de estos tres factores se utilizaron las siguientes formulas:

F1- Alcance: representa la cantidad de parámetros de calidad que no cumplen los valores establecidos en la normativa, Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA- Agua) vigente, respecto al total de parámetros a evaluar (ANA, 2016).

$$F1 = \frac{\text{Número de Parámetros que no cumplen los ECA Agua}}{\text{Número Total de Parámetros a evaluar}}$$

Ecuación 1. Cálculo de F1 alcance

F2- Frecuencia: representa la cantidad de datos que no cumplen la normativa ambiental (ECA- agua) respecto al total de datos de los parámetros a evaluar (datos que corresponden a los resultados de un mínimo de 4 monitoreos) (ANA, 2016).

$$F2 = \frac{\text{Número de los Parámetros que NO cumplen el ECA Agua de los Datos Evaluados}}{\text{Número Total de Datos Evaluados}}$$

Ecuación 2. Cálculo de F2 frecuencia

Donde:

Datos = Resultados de los monitoreos

F3- Amplitud: Es una medida de la desviación que existe en los datos, determinada por la suma normalizada de excedentes, es decir los excesos de todos los datos respecto al número total de datos (ANA, 2016).

$$F3 = \left(\frac{\text{Suma Normalizada de Excedentes}}{\text{Suma Normalizada de Excedentes} + 1} \right) * 100$$

Ecuación 3. Cálculo de F3 amplitud

En donde, la suma normalizada de excedentes (nse):

$$\text{nse} = \text{Suma Normalizada de Excedentes} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Excedente}_i}{\text{Total de Datos}}$$

Ecuación 4. Cálculo de suma normalizada de excedentes

EXCEDENTE, se da para cada parámetro, siendo el valor que representa la diferencia del valor ECA y el valor del dato respecto al valor del ECA- agua (ANA, 2016).

Caso 1: Cuando el valor de concentración del parámetro supera al valor establecido en el ECA- agua, el cálculo del excedente se realiza de la siguiente manera (ANA, 2016).

$$\text{Excedente}_i = \left(\frac{\text{Valor del parámetro que no cumple el ECA Agua}}{\text{Valor establecido del parámetro en el ECA Agua}} \right) - 1$$

Ecuación 5. Cálculo de excedentes caso 1

Caso 2: Cuando el valor de concentración del parámetro es menor al valor establecido en el ECA- agua, incumpliendo la condición señalada en el mismo, como ejemplo: el Oxígeno Disuelto (> 4), pH (>6.5 , <8.5), el cálculo del excedente se realiza de la siguiente manera (ANA, 2016).

$$\text{Excedente}_i = \left(\frac{\text{Valor establecido del parámetro en el ECA Agua}}{\text{Valor del parámetro que no cumple el ECA Agua}} \right) - 1$$

Ecuación 6. Cálculo de excedentes caso 2

Una vez obtenido los valores de los factores (F1, F2, y F3) se procede a realizar el cálculo del Índice de Calidad de Agua: que es la diferencia de un rango de 0 a 100, siendo 100 el valor que representa un ICA de excelente calidad y 0 el valor que representa un ICA de mala calidad, la diferencia se realiza con el valor que viene dado por la raíz cuadrada del promedio de la suma de cuadrados de los tres (03) factores, F1, F2 y F3, se expresa en la siguiente ecuación (ANA, 2016).

$$CCME_{WQI} = \left(\sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{3}} \right)$$

Ecuación 7. Cálculo de $CCME_{WQI}$

Para el desarrollo del cálculo del índice de calidad del agua superficial tomados en los puntos de monitoreo, se empleará una aplicación en Microsoft Excel (hoja de cálculo), un macro donde se introducirá los datos y las fórmulas matemáticas para la obtención de los factores (F1, F2 y F3) y asimismo el valor

del índice de calidad de agua, $CCME_{WQI}$, es calculado y como resultado, el valor del índice se presenta como un número adimensional comprendido entre 1- 100, el cual permite establecer escalas en cinco rangos, que son niveles de sensibilidad que me expresan y califican el estado de la calidad del agua, como mala, regular, favorable, buena y excelente, según el siguiente cuadro (ANA, 2016).

Tabla 9. Interpretación de la calificación ICA

INTERPRETACIÓN	CCME_WQI	CALIFICACIÓN
La calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados.	95 - 100	EXCELENTE
La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural del agua. Sin embargo, las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.	80 - 94	BUENA
La calidad del agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Muchos de los usos necesitan tratamiento.	65 - 79	FAVORABLE
La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Mucho de los usos necesitan tratamiento.	45 - 64	REGULAR
La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan previo tratamiento.	0 - 44	MALA

Fuente: ICA – PE Autoridad Nacional de Agua.

Este tipo de calificación cualitativa viene asociada a una escala cromática (cada calificación tendrá un color), el cual tiene por propósito facilitar la comunicación del estado de calidad del agua, este indicador de calidad del agua, aplicado durante un periodo de tiempo evalúa la incidencia de los parámetros físicos, químicos que son considerados, y que mediante esta herramienta matemática nos permite transformar grandes cantidades de datos (concentraciones de los parámetros en estudio) a una escala de medición única, expresado en porcentaje, siendo un valor ICA cercano a 0%, el cual representa la alta afectación que existe en la calidad del agua de ese punto de monitoreo, en tanto que presente



excelentes condiciones tendrá un valor de este índice cercano al 100% (ANA, 2016).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1. Agua

Nos indica que es aquella agua, que se encuentra en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento (DIGESA, 2018).

El agua pura es un líquido inodoro e insípido. Tiene un matiz azul, que solo 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 1000 C. El agua alcanza su densidad máxima a una temperatura de 40 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 (Lazo Arevalo, 2017).

2.3.2. Aguas superficiales

Son aquellas que se mantienen sobre la superficie de la tierra y en contacto con la atmósfera, para identificarlas fácilmente podemos decir que son aquellas que podemos apreciar a simple vista o que no están bajo tierra, estos cuerpos de agua son por la recolección del agua de las lluvias, nacimientos de agua y de los escurrimientos que vienen de otras fuentes de agua (Rothschuh Osorio, 2022).



2.3.3. Aguas subsuperficiales

El término “subsuperficial” es el agua que infiltra a escasa profundidad, como por ejemplo, en el subálveo de los ríos, que es aquella franja longitudinal entre ambos márgenes de una corriente hídrica, en la cual, por ser la interfase río-acuífero, el nivel del agua freática se encuentra a escasa profundidad del nivel del terreno (SCRIBD, 2019).

2.3.4. Aguas subálveas

Estas son llamadas aguas freáticas se caracterizan por estar a presión atmosférica, a poca profundidad o relativamente baja y no estar confinadas, pues circulan a través de mantos porosos como arena, grava, tobas poco coherentes, aluviones (SCRIBD, 2019).

2.3.5. Aguas interflujo.

También conocido como flujo subsuperficial, es el flujo que circula relativamente rápido hacia el cauce fluvial que se produce por debajo de la superficie, aunque esto ocurre más rápidamente que el caudal base, su movimiento suele producirse más lentamente que la escorrentía superficial.

2.3.6. Aguas de flujo base

Es el caudal de los ríos y quebradas que proviene enteramente de la descarga de aguas subterráneas. Generalmente esto se da en los meses de la época seca lo que en Perú corresponde al promedio de los caudales de los meses de mayo, junio, julio, agosto, setiembre, y octubre, o también conocido como el caudal que circula por un río debido a causas más remotas y por la escorrentía de la presencia de las lluvias más recientes.



2.3.7. Agua subterránea

Agua contenida en el subsuelo, procedente de la infiltración (precipitaciones y escorrentía) y en ocasiones de aguas juveniles magmáticas (Lazo Arevalo, 2017).

2.3.8. 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 a agua que cumple con las normas de calidad promulgada por las autoridades locales e internacionales (Lazo Arevalo, 2017).

2.3.9. Calidad de agua

Define como agua de buena calidad aquella que reúne las condiciones mínimas tanto físico-químicas como bacteriológicas establecidas por la OMS permitiendo su consumo directo (Ríos Tobón, Agudelo Cadavid, & Gutiérrez Builes, 2017).

Indica también que se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos como: doméstico, riego, recreación e industrias. La calidad del agua se define como un conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre esta calidad del agua y las necesidades del usuario. También la calidad del agua se puede definir por sus contenidos de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución (Ríos Tobón, Agudelo Cadavid, & Gutiérrez Builes, 2017).



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 (Lazo Arevalo, 2017).

2.3.10. 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 (Lazo Arevalo, 2017).

2.3.11. 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, Esta zona se divide en (Lazo Arevalo, 2017).

a. Zona de evapotranspiración a 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.) (Lazo Arevalo, 2017).



b. Zona intermedia

Está comprendida entre el límite de ascenso capilar del agua y el Límite de alcance de las raíces de las plantas (Lazo Arevalo, 2017).

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 y de la homogeneidad del terreno (Lazo Arevalo, 2017).

d. Zona saturada

Está situada debajo de la superficie freática y donde todos los poros existentes en el terreno están llenos de agua (Lazo Arevalo, 2017).

2.3.12. 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 (Lazo Arevalo, 2017).

2.3.13. Espesor de la capa no saturada

Capa que tiene como Límite superior el propio perfil del suelo y como Límite inferior la zona saturada (Lazo Arevalo, 2017).

2.3.14. Homogeneidad del suelo

Conjunto de elementos que componen un suelo y que son de igual condición o naturaleza (Lazo Arevalo, 2017).



2.3.15. 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 (Lazo Arevalo, 2017).

2.3.16. 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 (Lazo Arevalo, 2017).

2.3.17. 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. (Lazo Arevalo, 2017).

2.3.18. Perforados o tubulares

Son los pozos más utilizados para captación de agua subterránea, se los conoce también como pozos semi urgentes. 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 (Lazo Arevalo, 2017).



2.3.19. 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 (Lazo Arevalo, 2017).

2.3.20. Límite Máximo Permisible

Nos indican que son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua (DIGESA, 2018).

Es la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente. Dependiendo del parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresado en máximos, mínimos o rangos (Mamani Vilcapaza, 2012).

2.3.21. Estándar de Calidad Ambiental (ECA)

Es la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni del ambiente. Dependiendo del parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresado en máximos, mínimos o rangos (Mamani Vilcapaza, 2012).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación Política

El Sector de Itapalluni pertenece al distrito de Puno, provincia de Puno al departamento de Puno y a la región de Puno.

3.1.2. Ubicación Geográfica

La zona estudiada pertenece a la región natural de sierra andina o suni con una altitud que oscila por los 3810 a 4050 msnm, con latitud sur 15° 50' 15'' y longitud oeste de 70° 01' 18''.

3.1.3. Ubicación Hidrográfica

La hidrografía de la zona estudiada está ubicada en la hoya hidrográfica del lago Titicaca, que es parte de la cuenca del río Ilave, sub cuenca del río el Grande de la micro cuenca de río Itapalluni.

3.1.4. Límites

El Sector Itapalluni que pertenece al distrito de Puno tiene los siguientes límites: Por el norte con el distrito de Paucarcolla, provincia de Puno, por el este con el lago Titicaca y el distrito de Chucuito en la provincia de Puno, por el sur con el distrito de Pichacani de la provincia de Puno y por el Oeste con el distrito de San Antonio y Tiquillaca, provincia de Puno.

3.1.5. Vías de comunicación y accesibilidad

El acceso al lugar del proyecto de investigación desde la ciudad de Puno es como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 10. Vías de acceso desde Puno.

Tramo		Tipo de Vía	Vehículo	Distancia (km)	Tiempo (min)
DE	A				
Puno	Dsv. Itapalluni	Asfaltada	Combis	9.64	25
Dsv. Itapalluni	Relleno Sanitario	Afirmado	Propio	4.68	15

Fuente: Elaboración propia.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS

Los materiales y equipos utilizados para la obtención de información de campo y procesamiento de datos para el presente trabajo de investigación son los siguientes:

3.2.1. Materiales de escritorio e insumos

Los materiales e insumos utilizados fueron; 01 libreta de campo, 05 lapiceros de tinta seca, 04 millares de papel bond A-4, 04 pomos pequeños de tinta Epson (negro, cian, magenta y amarillo), 25 unidades de folder manila A-4, 12 frascos de vidrio de 250 ml, 50 bolsas de ½ kg, 03 plumón marcador, 01 pico, 01 pala y bibliografía consultada.

3.2.2. Equipos de cómputo, georeferenciales, audiovisuales y de servicios

Los equipos de cómputo, equipos de georreferenciación, equipos audiovisuales y servicios en general, utilizados fueron; 01 laptop Core i7, 01 impresora Epson TX-315 (sistema de tinta continuo), 01 escáner A-4, 01 USB, 01 GPS carmín Etrex-30, 01 cámara fotográfica digital, 01 termómetro, 01 flexómetro de 5m, 01 camioneta 4x4, 12 estudios de laboratorio para las muestras



de calidad de agua, ambiente para trabajos de gabinete, escritorios, fotocopias y anillados.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO

3.3.1. Población de estudio

El área de estudio lo constituyó el área de influencia directa del relleno sanitario ubicado en el sector de Itapalluni, distrito de Puno, provincia de Puno, departamento Puno, asimismo la zona de influencia, estuvo representada por las afueras y alrededores del relleno sanitario del sector de Itapalluni.

3.3.2. Muestra de estudio

a. Tamaño de la muestra

Las muestras están compuestas por los efluentes subsuperficiales proveniente del relleno sanitario que están ubicadas en los alrededores del relleno sanitario del sector Itapalluni, del distrito, provincia y departamento Puno, se tomaron doce (12) muestras en dos periodos de tiempo, por periodo seis (06) muestras, muestras que están ubicados en la zona de influencia o en las afueras y alrededores del Relleno sanitario del sector Itapalluni.

b. Tipo de muestreo

Se ha realizado el tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia bajo el criterio de accesibilidad y facilidad para la toma de muestras.

3.4. METODOLOGIA Y PROCEDIMIENTO

El tipo de estudio para el diseño de la investigación es de tipo explicativo no experimental. Para lo cual en el presente proyecto de investigación se ha planteado un proceso metodológico que comprende de las siguientes etapas:

3.4.1. Ubicación de puntos de muestreo

Para la ubicación de los puntos de muestreo se ha realizado la caracterización superficial y subsuperficial del sistema hídrico de la zona, en donde se consideró, la definición de la dirección de flujo o escurrimiento, tipo de fuente de agua a estudiar y tener en consideración los conceptos básicos de aguas superficiales, hipodérmicas o su subperforadas así como subterráneas.

Antes de la ubicación de los puntos de muestreo previamente se ha definido la fuente de agua a estudiar, considerando que se realizaron calicatas con profundidades menores hasta llegar al agua subsuperficial llamado hipodérmico o interflujo, (GLOSBE, 2023), define al agua interflujo es aquel que circula debajo del suelo de modo somero y rápido por ciertas formaciones que se consideran permeables en escasa profundidad, por lo general, ligada a alveos fluviales (acuíferos subálveos); que se generan su rápida infiltración, una alta velocidad de transmisión (conductividad hidráulica), y su posterior retorno hacia el cauce superficial, además debemos tener en consideración que en estudio hidrológico realizado por la empresa (INNCIVE ARTELIA, 2010) en la etapa de elaboración del expediente técnico se ha determinado que superficialmente no se observa un acuífero, según los resultados de los trabajos de prospección geofísica consultados existe la posibilidad de presencia de un acuífero profundo a (42 m), por debajo del estrato rocoso, por lo que se define realizar las calicatas con facilidad de acceso y



cauces fluviales y humedales de acuerdo a la topografía del terreno superficial, considerando que se tiene manantiales en la zona y que muy probablemente la presencia de este tipo de cuerpos de agua sea porque en la zona hay la existencia de un acuífero colgado, según (Sánchez, et al. , 2017) considera que también es llamado acuicludo colgado, es la formación geológica que no permite que pase el agua sin embargo almacena agua, y estas en ocasiones afloran por un manantial o también cuando se producen, una fuerte recarga, asciende el nivel freático quedando retenida un volumen de agua por tener la parte inferior impermeable.

El punto de vertimiento de los lixiviados del relleno sanitario es el mismo donde se considera la salida de aguas pluviales, del sistema de evacuación de aguas pluviales del relleno sanitario, el cual se encuentra en la quebrada de Itapalluni, para determinar la dirección del flujo o escurrimiento de las aguas subsuperficiales y superficiales, se realizó una mapa considerando el nivel freático subsuperficial encontrado en la zona, conforme lo indica (Sánchez, et al. 2022), estos mapas son representaciones bidimensionales de superficies tridimensionales y estos mapas se pueden mostrar como curvas de nivel o contornos, así como en perspectiva representando un mapa de tres dimensiones, las líneas de flujo son perpendiculares a las superficies equipotenciales, por lo que se realizaron las calicatas en los cauces fluviales y humedales, de acuerdo a la dirección del flujo, el número de muestras tomadas se realizaron previo a lo indicado, teniendo en cuenta la situación del derrame de los lixiviados. Además, para el registro de información de 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 procedido

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.

Tabla 11. Ubicación de los puntos de muestreo.

muestras	Lugar de muestreo	Ubicación de fuente	profundidad	Coordenadas UTM		Altitud
				WGS 84		
				Este	Norte	
Muestra N° 01	Punto N° 01	Calicata N° 01 Agua subsuperficial	1.85 m	386029.78	8242468.38	4083.00
Muestra N° 02	Punto N° 02	Calicata N° 02 Agua subsuperficial	1.25 m	385906.36	8242734.78	4080.20
Muestra N° 03	Punto N° 03	Calicata N° 03 Agua subsuperficial	1.45 m	386225.46	8242911.68	4058.20
Muestra N° 04	Punto N° 04	Calicata N° 04 Agua subsuperficial	1.70 m	386296.72	8242997.94	4053.60
Muestra N° 05	Punto N° 05	Calicata N° 05 Agua subsuperficial	1.30 m	386439.27	8243114.56	4036.80
Muestra N° 06	Punto N° 06	Calicata N° 06 Agua subsuperficial	1.20 m	386421.79	8242209.33	4057.45

Fuente: Elaboración propia.



Figura 15. Grafico de puntos de ubicación de muestreo.

Fuente: Imagen satelital Google Earth.

3.4.2. Frecuencia de muestreo

Para el presente trabajo de investigación se ha planteado tomar 06 puntos de muestreo, con una frecuencia de 2 muestreos por punto, para lo cual se ha determinado 02 fechas uno en la temporada seca en fecha (16 de junio 2021) y el otro en la temporada de lluvias en fecha (03 de noviembre del 2021) según (Weather Spark, 2023).

Tabla 12. Frecuencia de muestreo

parámetros	Numero de muestreos		Total de muestreos
	Época seca	Época lluviosa húmeda	
Físico químicos	6	6	12

Fuente: Elaboración propia

3.4.3. Selección de parámetros

Los parámetros de análisis se seleccionaron de acuerdo a los estándares de calidad ambiental para aguas superficiales el cual se utilizó de manera referencial para aguas subsuperficiales, los Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, fueron aprobados mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. El mismo que se evaluó para la categoría 3 y la sub categoría D2 – bebidas animales, considerando que es la actividad que predomina en la zona, la crianza de animales mayores y menores según (INEI, 2012), por lo que se consideró los siguientes parámetros Físico Químico: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5 mg/L), Demanda Química de Oxígeno (DQO mg/L), Nitratos, Nitritos, pH, Conductividad Eléctrica (C.E mmhos/cm), Temperatura, Oxígeno Disuelto, Sabor, Color y olor.



3.4.4. Lugar de análisis de muestras

El análisis de los parámetros físico - Químicos se efectuó en el Laboratorio de INIA – Instituto Nacional de Innovación Agrario de la Estación Experimental ILLPA – Puno, del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego.

3.4.5. 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 solo 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 han sido colectadas en frascos de plástico de 1 litro, luego llevados al laboratorio de INIA – Instituto Nacional de Innovación Agrario para su inmediato análisis, por lo cual debemos describir el siguiente procedimiento.

a. Trabajos previos al muestreo.

Antes de realizar la toma de muestras, después de haber sido identificados los puntos de muestreo de acuerdo a lo indicado en el numeral 3.4.1, se realizó las calicatas de 1m. de ancho, 1m. de largo y con una profundidad variable en cada punto de muestreo tabla 11, hasta alcanzar al nivel de agua subsuperficial o conocido como interflujo, las mismas que se encuentran en escasas profundidades,



los trabajos se realizaron con herramientas manuales como pico, palas y barrenos, hasta alcanzar el nivel de agua interflujo, los muestreos se ha optado por realizar en los cauces de agua superficial a fin de obtener las muestras para las aguas subsuperficiales, las profundidades se me muestran según tabla N° 11, en cada punto de muestreo, posterior a ello se espera a que el agua se empiece a acumularse hasta que se puede tomar una muestra representativa según como se detalla en los posteriores párrafos.

b. Consideraciones Generales.

- Los envases a utilizar deben ser de polietileno (preferentemente en primer uso) o vidrio, antes de ser tomado las muestras se debe verificar a que estén limpios y secos para evitar contaminación y/o alteración.
- Todos los equipos deben estar debidamente calibrados (en laboratorio).
- Las muestras se deben almacenar a baja temperatura y/o preservar en caso sea necesario con químicos para mantener su naturalidad durante el transporte y antes del análisis en el laboratorio.
- Las cajas térmicas usadas para el transporte de las muestras deberán ser apropiadas para almacenar las muestras tomadas, materiales de empaque y hielo.
- Se debe llenar los registros de cada muestra realizada, para lo cual se debe utilizar la (ficha de muestreo) y se debe identificar cada frasco (etiquetado).
- Se debe utilizar procedimientos formales que rastrean la historia de la muestra desde la toma de muestra, transporte y su llegada al laboratorio de análisis, con su respectivo (cadena de custodia).
- Los Equipos de protección personal del personal que realizará el muestreo deberá estar conformado por chaleco, pantalón, casco, casaquilla (zona



sierra), todo impermeable, botas de jebe y/o seguridad, muslera, guantes de jebe y quirúrgico.

- Materiales de campo como sogas, baldes, muestreador con extensión, termómetro y cajas térmicas de conservación de muestra.
- Tener materiales de laboratorio como goteros, bombilla de succión y frascos de plástico según el requerimiento de análisis y recomendaciones del laboratorio.

c. Registro de datos de campo.

Los recipientes de plástico fueron identificados antes de la toma de muestra, así como etiquetadas correctamente, escrita con letra clara y legible el cual ha sido protegida con cinta adhesiva transparente conteniendo la siguiente información que se indicó líneas arriba.

Número de Muestra el cual se refiere al orden de toma de muestra, código de identificación georreferenciado (punto y/o estación de muestreo), origen o tipo de la fuente, descripción de la zona o punto de muestreo, fecha y hora en que se toma la muestra, naturaleza de los estratos en los que están el acuífero y el agua, método de recolección de la muestra, profundidad de muestreo, apariencia de la muestra en el momento de la recolección (color, claridad y olor), resultados del análisis en el sitio (temperatura), detalles de cualquier método de almacenamiento de las muestras que se haya empleado o requerido y por ultimo nombre (o iniciales) de la persona que recogió la muestra.

Se registró el código de cada punto de muestreo, teniendo la información, que se solicita líneas arriba, origen de la fuente, descripción clara y definida del punto de muestreo, hora y fecha de muestreo, localidad y/o sector del relleno sanitario, distrito, provincia y departamento, coordenadas de ubicación del punto



de muestreo (georreferenciación), nombre de quien realizó la toma de muestra, condiciones climáticas y observaciones generales en el punto de muestreo.

Para realizar esta actividad fue necesario contar con equipos de medición termómetro y GPS.

Los datos requeridos y formato utilizado o ficha de registro, se muestran en el Anexo A “Ficha de registro de datos de campo”.

d. Toma de muestras.

Para cada punto de muestre del agua, existen recomendaciones en cuanto al proceso de preservación y análisis que deben ser realizadas cuidadosamente, con el fin de evitar y reducir los efectos que producen llamados adsorción y biodegradación.

A continuación, se cita el procedimiento para la recolección y transporte de las muestras realizadas:

- Una vez estabilizado la conductividad, se procede a tomar la muestra teniendo en cuenta que la muestra de agua debe tomarse directamente de la captación y nunca del pozo de almacenamiento.
- Se procedió a tomar las muestras, utilizando el recipiente utilizado para cada uno de los parámetros a analizar, lo cual fue especificado por el laboratorio.
- Los recipientes se han lavado en el sitio de muestreo antes de tomar la muestra, se realizó el lavado con una repetición de tres veces.
- Mi persona fue el que recolecto la muestra, en donde se tuvo la consideración e indicación del especialista de laboratorio en no tocar la parte interna de los recipientes, ni de las tapas, se utilizó guantes de jefe y respetando todo el procedimiento indicado en el presente.

- Posterior a la toma de la muestra se entregó en el menor tiempo al laboratorio, para evitar la degradación de los parámetros.
- Información del muestreo: Se ha identificado las muestras tomadas por punto de muestreo para su relación con los resultados en laboratorio.

e. Medición de parámetros en campo.

Se realizó la medición del parámetro temperatura, directamente en el recurso hídrico (calicata).

Tabla 13. Medición de parámetros en campo

muestras	Lugar de muestreo	Ubicación de fuente	Temperatura	Coordenadas UTM WGS 84		Altitud
				Este	Norte	
Muestra N° 01	Punto N° 01	Calicata N° 01 Agua subsuperficial	7.6°C, 8.6°C	386029.78	8242468.38	4083.00
Muestra N° 02	Punto N° 02	Calicata N° 02 Agua subsuperficial	10.33°C, 11.00°C	385906.36	8242734.78	4080.20
Muestra N° 03	Punto N° 03	Calicata N° 03 Agua subsuperficial	7.09°C, 6.32°C	386225.46	8242911.68	4058.20
Muestra N° 04	Punto N° 04	Calicata N° 04 Agua subsuperficial	8.50°C, 9.12°C	386296.72	8242997.94	4053.60
Muestra N° 05	Punto N° 05	Calicata N° 05 Agua subsuperficial	11.12°C, 10.18°C	386439.27	8243114.56	4036.80
Muestra N° 06	Punto N° 06	Calicata N° 06 Agua subsuperficial	7.25°C, 8.78°C	386421.79	8242209.33	4057.45

Fuente: Elaboración propia.

f. Preservación de las muestras de agua.

Una vez tomada la muestra de agua, se cerró herméticamente el frasco y para mayor seguridad se encinto todas las muestras en las dos fechas de muestreo.

g. Conservación y envío de las muestras de agua a laboratorio.

- Las muestras tomadas fueron conservadas en cajas térmicas indicadas y refrigeradas a temperatura indicada en el laboratorio.



- Los recipientes de plástico fueron embalados con cuidado para evitar roturas, derrames y/o contaminación.
- Las muestras recolectadas para análisis físico químicos fueron entregados al laboratorio en el menor tiempo posible, antes de las 24 horas de realizado el muestreo.

h. Etapa de análisis de muestras.

Se tomaron muestras uniformes en envases botellas de plástico de 250 ml. Se trasladaron las muestras en un Cooler hasta las instalaciones del Laboratorio INIA – Instituto Nacional de Innovación Agrario, también se tomaron datos fisicoquímicos de la Temperatura Insi-tu, en todos los puntos de muestreo, durante las dos fechas de muestreo.

En el laboratorio se hizo el respectivo análisis mediante el análisis de Methods of analysis for soils, plants and waters, university of California, UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, donde se realizó el análisis de Dieciséis parámetros Físico Químicos, tales como: Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO5 mg/lit), Demanda Química de Oxigeno (DQO mg/lit), Nitratos, Nitritos, pH, Conductividad Eléctrica (C.E mmhos/cm), Temperatura, Oxígeno Disuelto, Solidos Totales Disueltos (STD mg/l), Nitrógeno, Fosforo, Turbidez, Solidos Disueltos en Suspensión, Sabor, Color y olor. Para luego determinar los índices de calidad de agua.

3.4.6. Tratamiento de las muestras.

Luego de realizar el respectivo análisis de las muestras en el Laboratorio de INIA – INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIO, se realizó el procesamiento de datos en el Programa de Excel, para su respectivo tratamiento y la realización de la comparación con los estándares de calidad ambiental que se



dan en el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, en donde Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.

Se hará la respectiva comparación con la categoría 3 y la sub categoría D2, que corresponde bebida de animales, se considera lo evaluación para esta categoría en vista que la actividad que predomina en el sector Itapalluni es la crianza y pastoreo de animales mayores como, vacunos y camélidos así como animales menores, ovinos, porcinos, cuyes y aves, por lo que la afectación de la contaminación de las aguas subsuperficiales puede generar hasta llegar a la mortandad de estés animales, lo cual puede afectar a la economía de los habitantes del sector Itapalluni del distrito de Puno.

3.4.7. Mediciones de calidad de agua realizado antes del inicio de operación del relleno sanitario.

Para realizar un mejor evaluación sobre la calidad de las aguas subsuperficiales del sector Itapalluni, por la presencia del relleno sanitario se utilizó de manera referencial estudios y mediciones realizados antes de la operación del relleno sanitario, mediciones que se realizó en el rio Itapalluni en aguas superficiales, la medición se realizó en septiembre, noviembre y diciembre del año 2018, en el cual se monitoreo en dos puntos aguas abajo y aguas arriba realizado por el laboratorio de ensayo acreditado por organismo peruano de acreditación INACAL, V&S LAB, los resultados y certificados de laboratorio están anexados en el presente estudio en anexo D – 1, la ubicación de los puntos de monitoreo se encuentran en la siguiente tabla.



Tabla 14. Medición realizados antes de la etapa de operación del relleno sanitario

Muestras	Lugar de muestreo	Ubicación de fuente	Fecha	Coordenadas UTM WGS 84		Altitud
				Este	Norte	
Muestra N° 01	E-1	Rio Itapalluni	08/09/2018	386974.00	8242431.00	3979.00
	aguas arriba	Agua superficial	22/11/2018			
			21/12/2018			
Muestra N° 02	E-2	Rio Itapalluni	08/09/2018	387039.00	8242273.00	3975.20
	aguas abajo	Agua superficial	22/11/2018			
			21/12/2018			

Fuente: Elaboración propia.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Resultados de los parámetros físico químicos del agua subsuperficial del sector Itapalluni.

Los resultados emitidos por el laboratorio de INIA – INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIO, del análisis fisicoquímico se muestran en las tablas 15 y 16, a fin de realizar el análisis y discusión correspondiente de acuerdo a las normas vigentes establecidos y detallar los resultados de acuerdo a los objetivos planteados en el presente tema de Investigación.

Para poder determinar la influencia del relleno sanitario del sector Itapalluni en la calidad de las aguas subsuperficiales, de los cauces fluviales y humedales, se utilizarán de manera referencial datos de calidad de agua obtenidos en la etapa de ejecución del proyecto (antes de la etapa de operación del relleno sanitario), con la información monitoreado aguas superficiales en dos puntos del río Itapalluni, a fin de contribuir mejor los resultados de la presente investigación.

Tabla 15. Resultados de los análisis físico químicos de los puntos de muestreo de aguas subterráneas (primer muestreo época vaciante) (Weather Spark, 2023).

PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS			PM 01	PM 02	PM 03	PM 04	PM 05	PM 06
Parámetros	Unidad	ECA Cat-3-D2	16-jun-21	16-jun-21	16-jun-21	16-jun-21	16-jun-21	16-jun-21
pH	---	6.5 8.4	7.11	7.254	7.186	7.167	6.691	6.638
Conductividad Eléctrica C.E.	uS/cm	5000	0.388	0.211	0.288	0.236	0.229	0.165
Fosforo	mg/l	**	0.75	0.75	0.73	0.7	0.7	0.75
Nitratos	mg/lit	100	24.8	24.8	18.6	22.6	34.1	20
Nitritos	mg/lit	10	0.093	0.09	0.093	0.098	0.099	0.05
Oxígeno Disuelto	mg/l	>= 5	3.4	3.2	3.6	4	3.6	3.8
Sólidos Totales Disueltos STD	mg/l	**	637	153	208	169	164	119
Nitrógeno	mg/l	**	1.8	1.43	1.62	1	1.03	1
Turbidez	UNT	**	5.9	5.8	5.4	5.1	5.13	5.23
Temperatura °C	°C	Δ 3	15.8	16.1	16.3	15.8	15.8	15.6
Sólidos Totales en Suspensión	mg/l	**	93	90	96	90	90	90
Color	Pt/Co	100 (a)	material pigmentado	material pigmentado	material pigmentado	material pigmentado	material pigmentado	material pigmentado
Olor	--	**	Pítrico	Pítrico	Pítrico	Pítrico	Pítrico	Pítrico
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/lit	15	180	140	100	180	110	120
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/lit	40	242	220	200	260	230	260

Límites máximos permisibles: DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.

Fuente: Elaboración propio.

Tabla 16. Resultados de los análisis físico químicos de los puntos de muestreo de aguas subterráneas (segundo muestreo época creciente) (Weather Spark, 2023).

PARAMETROS FISICO QUIMICOS			PM 01	PM 02	PM 03	PM 04	PM 05	PM 06
Parámetros	Unidad	ECA Cat-3-D2	03-nov-21	03-nov-21	03-nov-21	03-nov-21	03-nov-21	03-nov-21
pH	---	6.5 8.4	6.627	6.57	6.875	6.947	7.165	8.4
Conductividad Eléctrica C.E.	uS/cm	5000	116.1	92.4	61.1	58	97.1	101.8
Fosforo	mg/l	**	0.7	0.79	0.78	0.8	0.78	0.77
Nitratos	mg/lit	100	18.6	24.8	18.6	18.6	12.4	12.4
Nitritos	mg/lit	10	0.093	0.09	0.093	0.098	0.099	0.05
Oxígeno Disuelto	mg/l	>= 5	2.7	2.4	3.1	3.5	3.3	3.8
Solidos Totales Disueltos STD	mg/l	**	82.8	66.2	43.7	41.4	69.8	72.9
Nitrógeno	mg/l	**	1.93	1.49	1.5	1.8	1.77	1.83
Turbidez	UNT	**	5.3	5.11	4.8	5.22	5.4	5.73
Temperatura °C	°C	Δ 3	20.01	19.9	20	20.1	20.2	20.2
Solidos Totales en Suspensión	mg/l	**	97	94	98	93	96	94
Color	Pt/Co	100 (a)	material pigmentado	material pigmentado	material pigmentado	material pigmentado	material pigmentado	material pigmentado
Olor	--	**	Pítrico	Pítrico	Pítrico	Pítrico	Pítrico	Pítrico
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/lit	15	160	170	100	170	130	160
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/lit	40	240	200	220	240	260	260

Límites máximos permisibles: DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.

Fuente: Elaboración propio.

4.1.2. Promedio de los resultados de los parámetros físico químicos del agua subsuperficiales de las muestras tomadas.

De acuerdo a los muestreos realizados que fueron en dos oportunidades, primer muestreo en época seca y la segunda en época húmeda, para determinar analizar y describir los resultados en función a los Estándares de Calidad Ambiental ECAs - AGUA, por conveniente se ha previsto realizar y calcular el

valor promedio de cada parámetro, y en cada punto de muestreo, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 17. Promedio de los resultados de los análisis físico químicos de los puntos de muestreo de aguas subsuperficiales.

Parámetros	Unidad	ECA Cat-3-D2	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PRO MED IO
pH (Potencial de Hidrógeno)	---	6.5 8.4	6.87	6.91	7.03	7.06	6.93	7.52	7.05
Conductividad Eléctrica C.E.	uS/cm	5000	58.24	46.31	30.69	29.12	48.66	50.98	44.00
Fosforo	mg/l	**	0.73	0.77	0.76	0.75	0.74	0.76	0.75
Nitratos	mg/lit	100	21.70	24.80	18.60	20.60	23.25	16.20	20.86
Nitritos	mg/lit	10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.05	0.09
Oxígeno Disuelto	mg/l	>= 5	3.05	2.80	3.35	3.75	3.45	3.80	3.37
Sólidos Totales Disueltos STD	mg/l	**	359.90	109.60	125.85	105.20	116.90	95.95	152.23
Nitrógeno	mg/l	**	1.87	1.46	1.56	1.40	1.40	1.42	1.52
Turbidez	UNT	**	5.60	5.46	5.10	5.16	5.27	5.48	5.34
Temperatura °C	°C	Δ 3	17.91	18.00	18.15	17.95	18.00	17.90	17.98
Sólidos Totales en Suspensión	mg/l	**	95.00	92.00	97.00	91.50	93.00	92.00	93.42
Color	Pt/Co	100 (a)	material pigmen- to	material pigmen- to	material pigmen- to	material pigmen- to	material pigmen- to	material pigmen- to	materi- al pigmen- to
Olor	--	**	Pítrico	Pítrico	Pítrico	Pítrico	Pítrico	Pítrico	Pítrico
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/lit	15	170.00	155.00	100.00	175.00	120.00	140.00	143.33
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/lit	40	241.00	210.00	210.00	250.00	245.00	260.00	236.00

Fuente: Elaboración propio.

Además para determinar la influencia del relleno sanitario sobre la calidad de las aguas subsuperficiales, se ha previsto de manera referencial utilizar los resultados obtenidos por el laboratorio acreditado por INACAL, V&S LAB, el

cual se realizó el monitoreo de aguas superficiales en el río Itapalluni, en dos puntos durante la etapa de ejecución del relleno sanitario siendo antes de que se inicie la operación del relleno sanitario del sector Itapalluni, con el fin de determinar la variación de los valores de cada parámetro físico químico, para la categoría 3 de la sub categoría D2 establecidos en el estándares de calidad ambiental, uso para bebida de animales mayores y menores, debido que la actividad que predomina en la zona es la crianza de ganadero sector agropecuario conforme se indica en (INEI, 2012), los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 18. Promedio de los resultados de parámetros medidos antes de la etapa de operación del relleno sanitario.

PARAMETROS FISICO QUIMICOS			PUNTO DE MUESTRE AGUAS ARRIBA				PUNTO DE MUESTRE AGUAS ABAJO			
Parámetros	Unidad	ECA Cat-3-D2	08-sep-18	22-nov-18	21-dic-18	PROMEDIO	08-sep-18	22-nov-18	21-dic-18	PROMEDIO
pH	---	6.5 8.4	-	6.17	6.92	6.55	-	6.2	6.5	6.35
Conductividad Eléctrica C.E.	uS/cm	5000		111.8	82.8	97.30		112.2	81.8	97.00
Nitratos	mg/lit	100	0.07			0.07	0.1			0.10
Nitritos	mg/lit	10	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Oxígeno Disuelto	mg/l	>= 5	7.4	5.4	8.9	7.23	8.5	5.6	8.78	7.63
Temperatura °C	°C	Δ 3								
Color	Pt/Co	100 (a)								
Olor	--	**								
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/lit	15	3	2.1	2	2.37	3.3	2	2	2.43

Fuente: Resultados de laboratorio V&S LAB. Etapa de ejecución del proyecto 2018.

4.1.3. Análisis y comparación de los resultados por parámetro.

Análisis y comparación de los resultados por parámetro según DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM. Donde aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, para la categoría 3 y la sub categoría D2 para bebida de animales (MINAN, 2017), y comparación con los resultados obtenidos antes de la etapa de operación del relleno sanitario.

a. Potencial de hidrogeno pH.

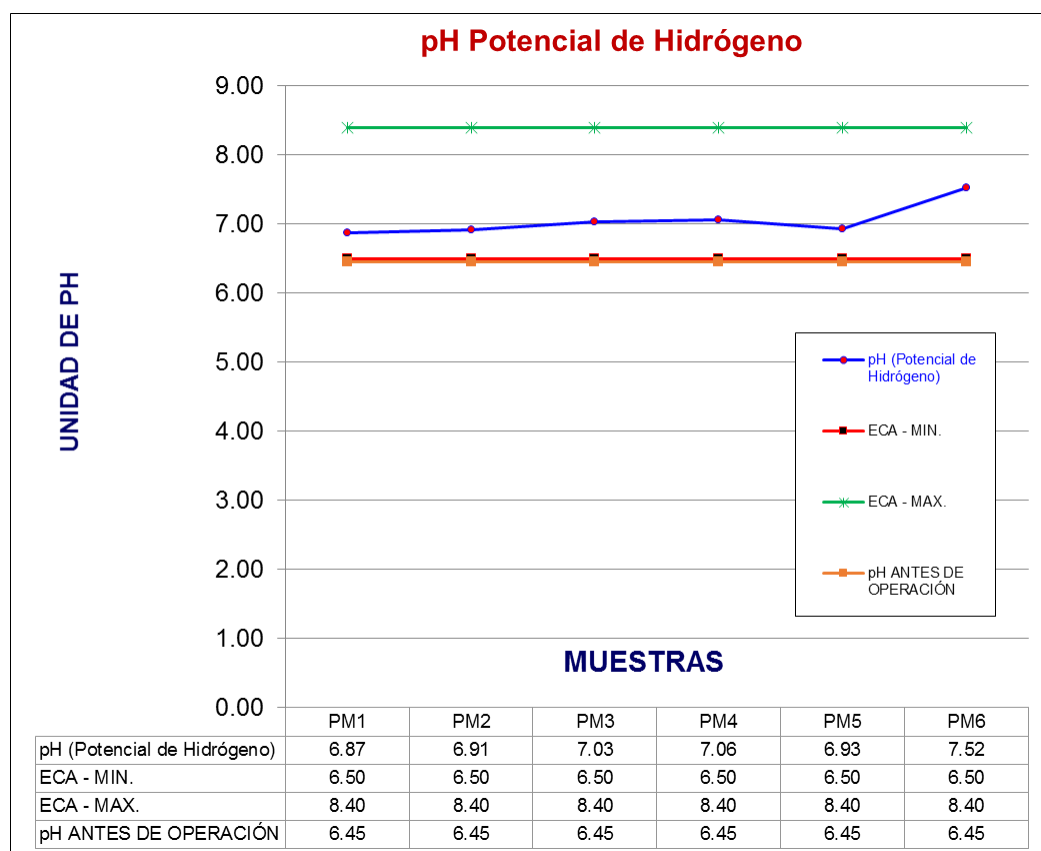


Figura 16. Potencial de hidrógeno

Fuente: Elaboración propio.

El pH, que se muestra en la figura 16, se aprecia que el valor máximo promedio fue en el punto de muestreo 06 con un valor de 7.52, el valor mínimo promedio fue en el punto de muestreo 01 con un valor de 6.87 y en total un promedio de 7.05, encontrándose dentro de los rangos 6.5 y 8.4 establecidos en



los Estándares de Calidad Ambiental para la categoría 3 y la subcategoría D2 aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM (MINAM, 2017), además los valores obtenidos antes de la etapa de operación del relleno sanitario son menores y que están ligeramente por debajo del ECA.

Este parámetro mide la concentración de los iones hidrógeno, si es naturaleza ácida o alcalina de la solución acuosa, el pH del agua pura varía de 5 a 9 a 25 °C como consecuencia de la presencia de ácidos y bases y del hidrólisis de las sales disueltas. La presencia de sales fuertes y ácidos débiles incrementa el pH y sales de bases débiles y ácidos fuertes como Ca, Cl₂ produce disminución del pH (Mamani, *et al.* 2012).

La concentración de ion hidrógeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de calidad de las aguas naturales, es preferible que sea un pH inferior a 8 porque valores superiores de pH 11 produce irritación ocular y agravación de trastornos cutáneos tal como mencionan (Calsín Ramírez , 2016).

Por consiguiente, de acuerdo a los resultados obtenidos, el parámetro de pH indica que el agua de los seis (06) puntos de muestreo con una frecuencia muestreada en dos tiempos, de la parte inferior del relleno sanitario del sector Itapalluni del distrito de Puno, son aptos para consumo de los animales en vista que están dentro del ECA, según establecido en los Estándares de Calidad Ambiental, para la categoría 3 y la sub categoría D2, aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM, además no causara ningún efecto en la salud de los animales considerando solo para este parámetro, además el valor del pH, obtenido en el presente estudio es mayor a lo obtenido antes de la operación del relleno

sanitario el cual muestra un promedio de 6.45 und, de pH, y que es inferior al ECA para la categoría estudiada.

b. Conductividad eléctrica CE.

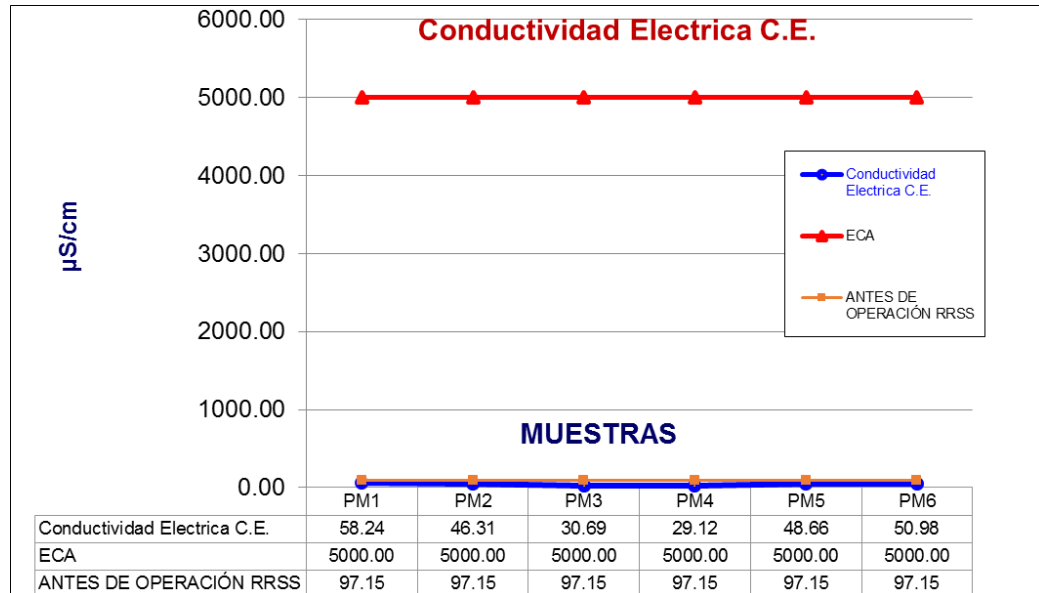


Figura 17. Conductividad eléctrica.

Fuente: Elaboración propio.

En la figura 17, el valor máximo de conductividad de agua subsuperficial fue de 58.24 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la muestra PM1 y el valor mínimo fue de 29.12 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la muestra PM4, obteniendo un promedio total de 44.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Los resultados obtenidos son menores a los valores establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para la categoría 3 y la sub categoría D2 (para bebida de animales) aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM, los cuales establecen un valor de 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad, además para este parámetro no ha influido la presencia de relleno sanitario en vista que antes de la operación del mismo, el valor obtenido era de 97.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo la variación mínima, los resultados pueden ser variables porque afecta muchos factores como la ubicación, tipo de flujo y otros agentes que pueden hacer su variación.



La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir electricidad. Es indicativo de la materia ionizable total presente en el agua, las sales disueltas son las que permiten al agua conducir electricidad, el agua pura contribuye mínimamente a la conductividad, la cantidad de sales solubles en agua se mide por la electro-conductividad (EC), la resistividad es la medida reciproca de la conductividad, la unidad estándar de resistencia eléctrica es el ohm y la resistividad de las aguas, se expresa en mega ohms-cm, la conductividad se expresa en el valor reciproco, normalmente como microsiemens por cm, para el agua ultrapura los valores respectivos son de 18,24 mohms/cm y 0,05483 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25 °C (Mamani Vilcapaza, 2012).

Por consiguiente, de acuerdo a los resultados de análisis de conductividad a través de la medición en laboratorio, se determina que el agua de los seis (06) puntos de muestreo con una frecuencia muestreada en dos tiempos, de la parte inferior del relleno sanitario del sector Itapalluni del distrito de Puno, son menores a los valores establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para la categoría 3 y la sub categoría D2 bebida de animales - aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM, los cuales establecen un valor de (5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) de conductividad, por lo que estas aguas son aptos para la bebida de los animales en vista que los valores obtenidos son menores, entre más baja la conductividad más pura será el agua.

c. Fósforo.

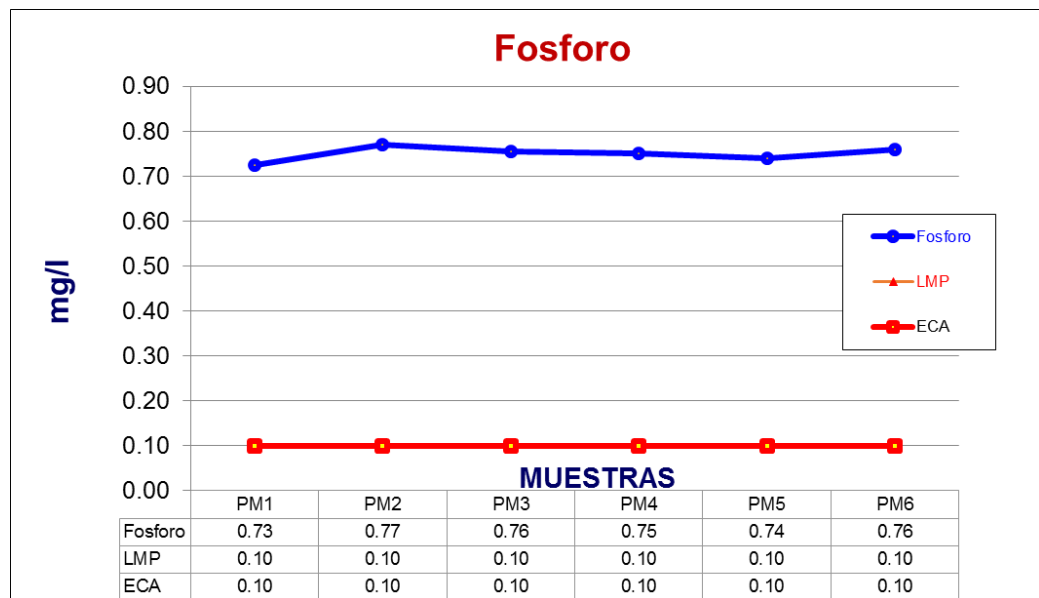


Figura 18. Fosforo.

Fuente: Elaboración propio.

Este parámetro no se consideró para la subcategoría D2 de la categoría 3 de los ECA - agua, sin embargo, es productivo su evaluación. En la figura 11, el valor máximo de fosforo del agua subsuperficial fue de 0.77 mg/l en la muestra PM2 y el valor mínimo fue de 0.73 mg/l en la muestra PM1, obteniendo un promedio total de 0.75 mg/l, los resultados obtenidos es elevado a los valores establecidos por los estándares de calidad ambiental para todas las categorías que se consideró, aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM.

Por consiguiente, de acuerdo a los resultados de análisis de fosforo determinado en laboratorio, se determina que el agua de los seis (06) puntos de muestreo con una frecuencia muestreada en dos tiempos, de la parte inferior del relleno sanitario del sector Itapalluni del distrito de Puno, son valores elevados lo que quiere indicar que hay vertimiento de contaminantes orgánicos propios de

RRSS, y esto hace que se eleven los valores de fosforo en las aguas subsuperficiales estudiadas tal como indica (Espinosa Llorens, y otros, 2010).

d. Concentración de nitratos NO₃.

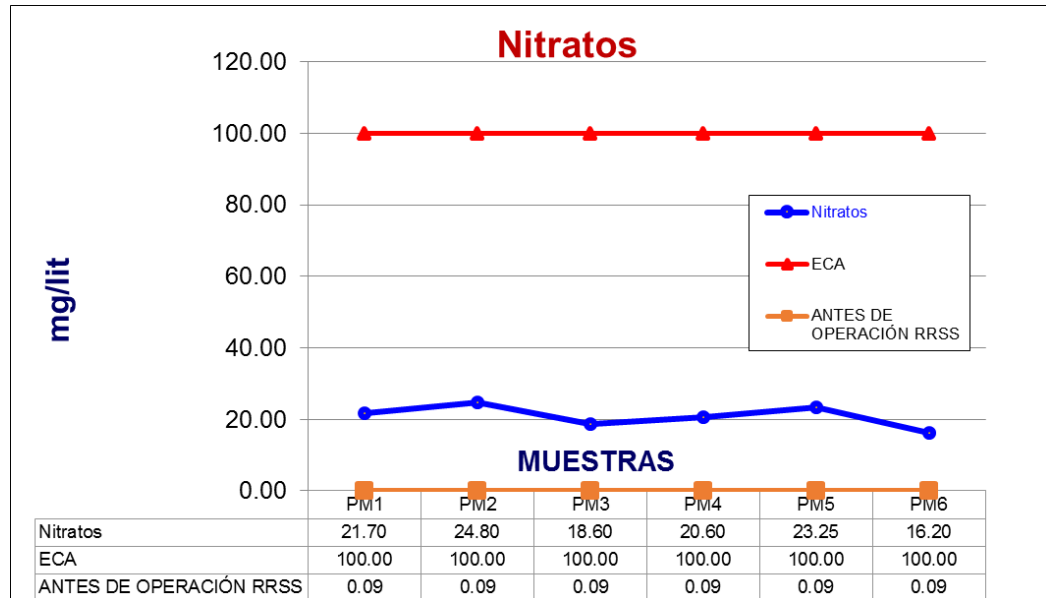


Figura 19. Concentración de nitratos NO₃.

Fuente: Elaboración propio.

Como se observa en la figura 19 de la Concentración de Nitratos NO₃, el valor máximo es de la muestra PM2 con un valor de 24.80 mg/lit. y el valor mínimo está en la muestra PM6 con un valor de 16.20 mg/Lit. y en total encontramos un promedio de 20.86 mg/L. Ninguno de los resultados es superior a los establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para la categoría 3 y la sub categoría D2, aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM, los cuales establecen un valor máximo de 100 mg/L, además para este parámetro ha influido la presencia de relleno sanitario en un mínimo porcentaje, en vista que antes de la operación del mismo, el valor obtenido era de 0.09 mg/L, donde la variación es mínima, los resultados pueden ser variables en vista que afecta muchos factores como la ubicación, tipo de flujo y otros agentes que pueden hacer su variación.



Las altas concentraciones de nitratos indican la disolución de rocas que los contengan o la oxidación de la materia orgánica por acción bacteriana o lixiviados generados a partir de la fertilización o excretas. Los valores reportados en el estudio probablemente se deben a la contaminación causada por la acumulación de excretas humanos y animales estos pueden contribuir a elevar la concentración de nitratos en el agua, estos son solubles y no absorben a los componentes del suelo, por lo que son movilizados con facilidad por las aguas superficiales y subterráneas tal como menciona (Calsín Ramírez , 2016).

La concentración de nitrato en aguas subterráneas y superficiales suele ser baja, pero puede llegar a ser alta por filtración o escorrentía de tierras agrícolas o debido a la contaminación por residuos humanos o animales como consecuencia de la oxidación del amoníaco y fuentes similares (Mamani Vilcapaza, 2012).

Por consiguiente, de acuerdo a los resultados de análisis de nitrato calculado en laboratorio, se determina que el agua de los seis (06) puntos de muestreo con una frecuencia muestreada en dos tiempos, de la parte inferior del relleno sanitario del sector Itapalluni del distrito de Puno, son menores a los valores establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para la categoría 3 de la sub categoría D2, por lo que estas aguas son aptas para bebida de animales por ser menores a los Estándares de Calidad Ambiental para la categoría 3 y la sub categoría D2, aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM, el cual considera el valor de 100 mg/L.

e. Concentración de nitritos NO₂.

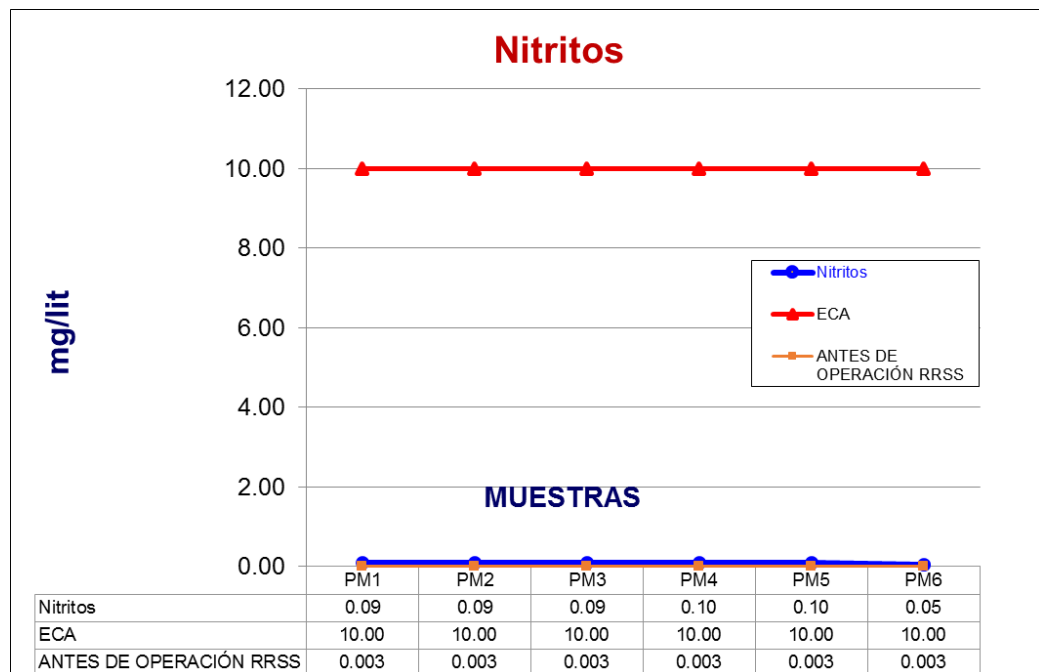


Figura 20. Concentración de nitritos NO₂.

Fuente: Elaboración propio.

En la comparación realizada de la concentración de nitritos, como se muestra en la Figura 20, el valor máximo se encuentra en la muestra PM4 y PM5 con un valor de 0.10 mg/L, y el valor mínimo se encontró en la muestra PM6 con un valor de 0.05 mg/L, teniendo finalmente un promedio de 0.09 mg/L. En todas las muestras tomadas no supera los estándares de calidad ambiental para la categoría 3 y la sub categoría D2, aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM, en el cual se ha establecido un valor de 10 mg/L, además para este parámetro ha influido la presencia de relleno sanitario en un mínimo porcentaje, en vista que antes de la operación del mismo, el valor obtenido era de 0.003 mg/L, por lo que la variación es mínima, los resultados pueden ser variables en vista que afecta muchos factores como la ubicación, tipo de flujo y otros agentes que pueden hacer su variación.



Las altas concentraciones de nitritos es un indicativo de contaminación fecal reciente, en aguas superficiales, bien oxigenadas, el nivel del nitrito no suele superar 0.1 mg/L. Asimismo, cabe resaltar que el nitrito se halla en un estado de oxidación intermedio entre el amoníaco y el nitrato, los nitratos en concentraciones elevadas reaccionan dentro del organismo con aminas y amidas secundarias y terciarias formando nitrosaminas de alto poder cancerígeno y tóxico (Espinoza Hernandez, 2019).

Por consiguiente, de acuerdo a los resultados de análisis de nitrito calculado en laboratorio, se determina que el agua de los seis (06) puntos de muestreo con una frecuencia muestreada en dos tiempos, de la parte inferior del relleno sanitario del sector Itapalluni del distrito de Puno, son menores a los valores establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para la sub categoría D2 de la categoría 3, aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM, por lo que estas aguas son aptas para la bebida de los animales por ser menores a los Estándares de Calidad Ambiental el cual se establece un valor de 10 mg/L.

f. Oxígeno disuelto.

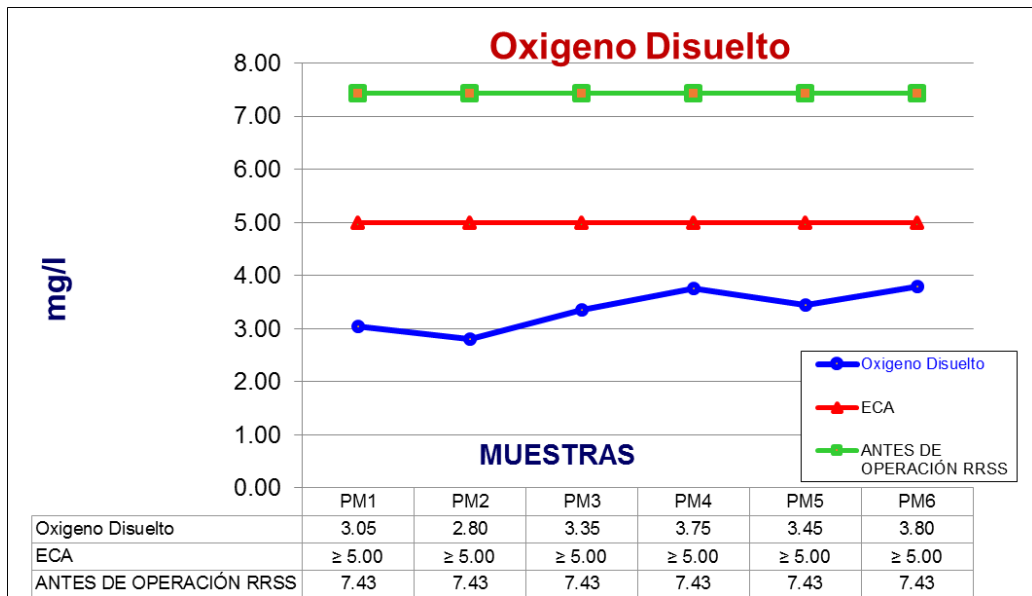


Figura 21. Oxígeno disuelto.

Fuente: Elaboración propio.

Como se observa en la figura 21, el valor máximo de Oxígeno Disuelto es de la muestra PM6 con un valor de 3.80 mg/l. y el valor mínimo está en la muestra PM2 con un valor de 2.80 mg/L. y en total encontramos un promedio de 3.37 mg/L. Ninguno de los resultados es mayor o igual \geq a 5 mg/L, por lo que ningún valor supera los 5 mg/L, establecidos por los estándares de calidad ambiental para la sub categoría D2 y la categoría 3 aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM, Los cuales establecen un valor de mayo o igual \geq a 5 mg/L, además para este parámetro la presencia de relleno sanitario ha influido negativamente, en vista que antes de la operación del mismo, el valor obtenido promedio era de 7.43 mg/L, valor que estaba por encima del parámetro que establece el ECA, \geq a 5 mg/L, por lo que la variación es negativo, considerando que los resultados pueden ser variables en vista que afecta muchos factores como la ubicación, tipo de flujo y otros agentes que pueden afectar, pero no en la magnitud que se ha identificado.



La concentración de oxígeno en agua depende, de la presión parcial (P) del oxígeno en la atmósfera y de la temperatura del agua., se deduce que la concentración del oxígeno en agua a 25°C es 8,32 mg/L o 8,32 (partes por millón). Dado que la solubilidad de un gas en el agua disminuye con el aumento de temperatura, a 35°C la solubilidad del O₂ en H₂O es 7,03 mg/L y a 0°C aumenta a 14,74 mg/L. Estos valores expresan que la cantidad de oxígeno disuelto en agua es muy baja y que el aumento de temperatura incide fuertemente en su disminución (DIGESA, 2018).

La concentración de Oxígeno Disuelto de manera normal en aguas subterráneas puede llegar a valores de saturación en el subsuelo. Pero están pueden ser variables de acuerdo a la presión y la temperatura (13.3 mg/l. a 10°C. 7.6 mg/l. a 30°C).

Uno de las alteraciones ambientales más preocupantes es afectado por el manejo inadecuado de los RSU, el cual genera la contaminación de las aguas superficiales, a veces son fuentes de abastecimiento para consumo humano. La materia orgánica de los residuos sólidos provoca una disminución del oxígeno disuelto y un aumento de los nutrientes como nitrógeno y fósforo, lo que finalmente hace que haya crecimiento descontrolado de algas el cual genera procesos de eutrofización (Espinosa Llorens, y otros, 2010).

Por consiguiente, de acuerdo a los resultados de análisis de oxígeno disuelto calculado en laboratorio, se determina que el agua de los seis (06) puntos de muestreo con una frecuencia muestreada en dos tiempos, de la parte inferior del relleno sanitario del sector Itapalluni del distrito de Puno, ninguno de los valores es mayor a 5mg/L, establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental

para la sub categoría D2 de la categoría 3, en el cual indica que el OD, debe ser ≥ 5 mg/L, , por lo que estas aguas no son aptas para bebida de animales, debido a que se considera de mala calidad por la disminución del oxígeno disuelto, según (Espinosa, *et al.* 2010) indica que la disminución del oxígeno disuelto es por la presencia de materia orgánica de RRSS, además esto eleva los valores de fosforo y nitrógeno, según los resultados de laboratorio se tiene el valor promedio de fosforo 0.75 mg/L, y nitrógeno 1.52 mg/L, según el ECA se considera valores elevados, por lo que el derrame de lixiviados viene afectando la calidad de las aguas subterráneas, con la presencia de microorganismos, bacterias y materia orgánica, malos olores, la presencia de microorganismos aumenta los riesgos a la salud además para la vida acuática se pueden producir efectos nocivos en determinadas especies.

g. Nitrógeno.

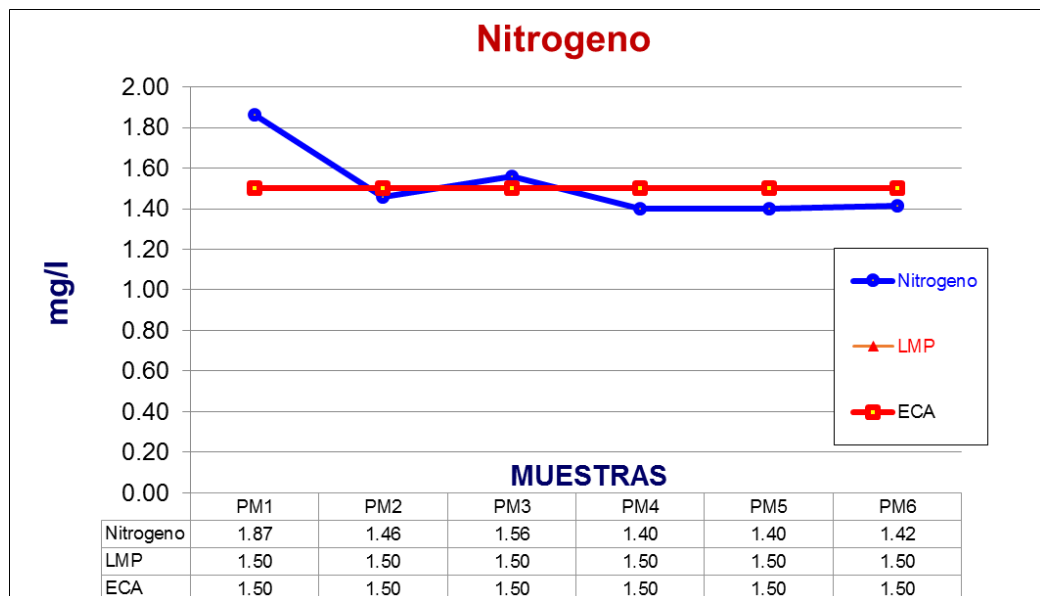


Figura 22. Nitrógeno.

Fuente: Elaboración propio.



Este parámetro no se consideró para la categoría evaluada, sin embargo, se tomó el ECA límite para la cat 1, a fin de contribuir la información. Como se observa en la figura 22, el valor máximo de Nitrógeno es de la muestra PM1 con un valor de 1.87 mg/l. y el valor mínimo está en las muestras PM4 y PM5 con un valor de 1.40 mg/L. y en total encontramos un promedio de 1.52 mg/L. lo cual se considera un valor elevado respecto al ECA-agua, establecidos por los estándares de calidad ambiental aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM, Los cuales establecen un valor de 1.50 mg/L.

En una contaminación reciente la mayor parte de nitrógeno está presente en forma de nitrógeno orgánico (proteína) y amoniac, a medida que pasa el tiempo, el nitrógeno orgánico se convierte gradualmente a nitrógeno amoniacal y más tarde si existen las condiciones aeróbicas, ocurre la oxidación del amoniac a nitritos y nitratos (DIGESA, 2018).

Por consiguiente, de acuerdo a los resultados de análisis de nitrógeno a través de la medición en laboratorio, se determina que la muestra del PM1, tiene el valor más elevado de los seis (06) puntos de muestreo, y este punto está a inicios del vertimiento del derrame de lixiviados escasamente a 10m, lo que indicaría que hay una contaminación de las aguas subsuperficiales por lixiviados del relleno sanitario del sector Itapalluni del distrito de Puno, además la presencia elevada del nitrógeno es signos de que hay contaminación por materia orgánica de residuos sólidos conforme indica (Espinosa Llorens, y otros, 2010).

h. Turbidez.

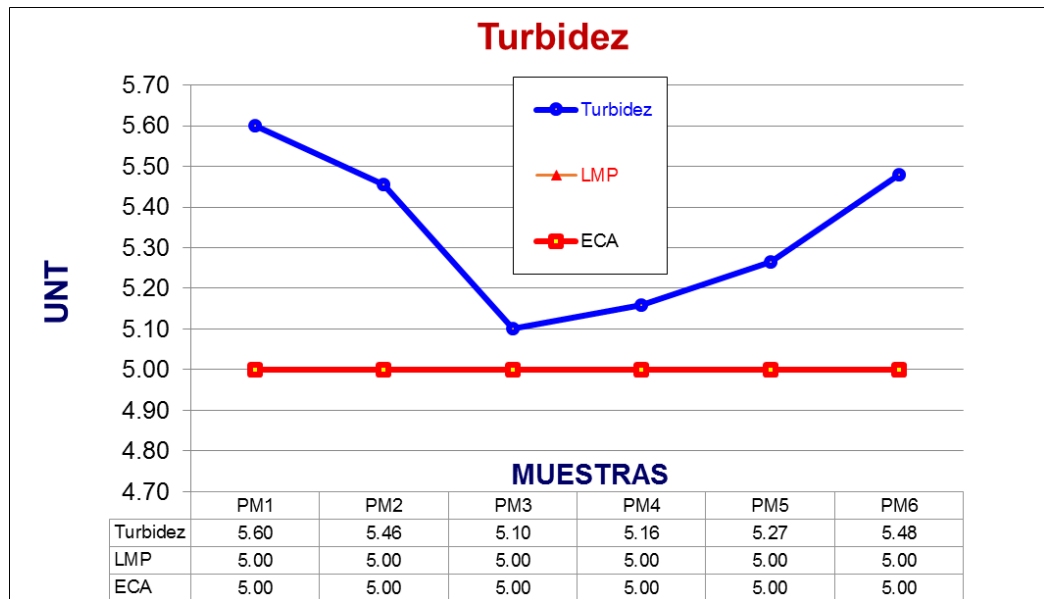


Figura 23. Turbidez.

Fuente: Elaboración propio.

Este parámetro no se considera según los estándares de calidad ambiental para la sub categoría D2 de la categoría 3, sin embargo, se realizará un análisis referencial, como observa en la Figura 23, la concentración de turbiedad tuvo un incremento en el punto de muestreo PM1 y PM6 con un valor máximo de 5.60 UNT, un valor mínimo en el punto de muestreo PM3, con 5.10 UNT y un promedio de 5.34 UNT. Todos los resultados obtenidos se consideran elevadas de lo que se ha establecido por los estándares de calidad ambiental para la categoría A1 (se considera referencia) aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM.

La turbiedad del agua es producida por materias en suspensión, como arcillas, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton, sedimentos procedentes de la erosión y microorganismos. La turbiedad se utiliza para indicar la calidad del agua y la



eficiencia de la filtración para determinar si hay presencia de organismos que provocan enfermedades (Calsín Ramírez , 2016).

i. Temperatura °C.

De acuerdo a la tabla N° 17, la variación de la temperatura se observa constante en las dos épocas de evaluación con valor promedio de 17.98 °C Los valores promedios para ambas épocas del año se encuentran dentro de los estándares nacionales de calidad ambiental para la sub categoría D2 de la categoría 3, el cual se considera para bebida de animales.

La temperatura es un indicador de la calidad del agua, que influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas, las temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a una indeseada proliferación de microorganismos tal como reportan (Calsín Ramírez , 2016).

La temperatura promedio de aguas de los seis (06) puntos de muestreo con una frecuencia muestreada en dos tiempos, de la parte inferior del relleno sanitario del sector Itapalluni del distrito de Puno, están dentro de los valores ambientales de temperatura para los meses en estudio (junio - noviembre) que varía de 4 a 20 °C (SENAMHI, 2016).

j. Sólidos totales en suspensión.

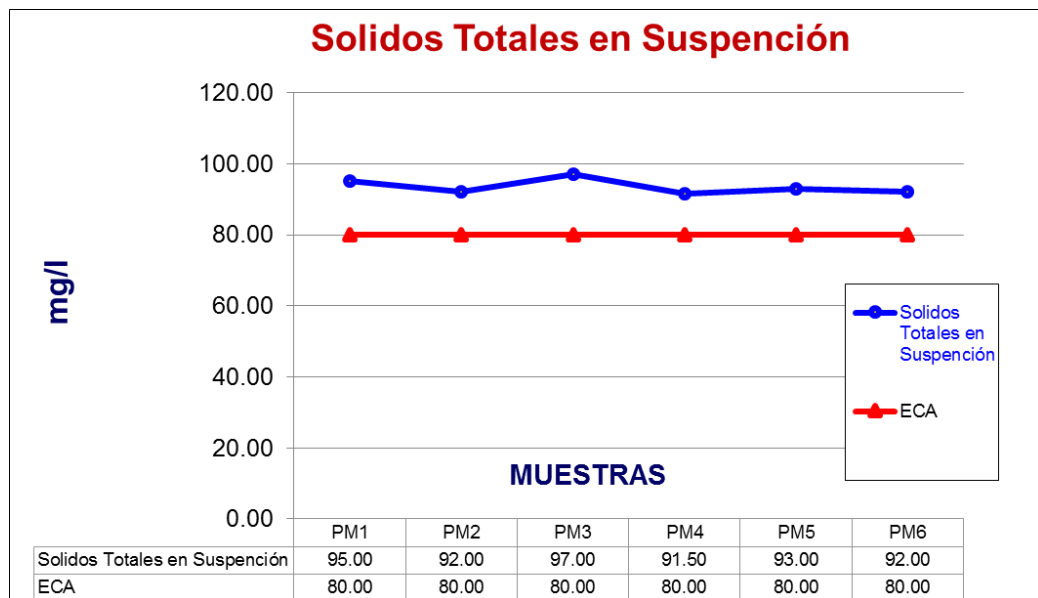


Figura 24. Sólidos totales en suspensión

Fuente: Elaboración propio.

Como se observa en la figura 24, el valor promedio máximo de Sólidos Totales en Suspensión es de la muestra PM3 con un valor de 97.00 mg/l. y el valor promedio mínimo está en la muestra PM4 con un valor de 91.50 mg/L. y en total encontramos un promedio de 93.42 mg/L. el valor obtenido es elevado respecto al ECA-agua, establecidos por los estándares de calidad ambiental, de manera referencia se considera para la categoría A1, en vista que para el análisis de la sub categoría D2 de la categoría 3, este parámetro no fue considerado dentro del ECA - agua aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM.

Por consiguiente, de acuerdo a los resultados obtenidos de análisis de sólidos totales en suspensión a través de la medición en laboratorio, se determina que el agua de los seis (06) puntos de muestreo con una frecuencia muestreada en dos tiempos, de la parte inferior del relleno sanitario del sector Itapalluni del

distrito de Puno, tiene valores elevados, lo que estaría ocasionando los niveles bajos de oxígeno disuelto.

k. Color.

Tabla 19. Verificador del color.

Parámetros	Unidad	ECA Cat-1- A-1	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6
Color	Pt/Co	15	material pigmentado		material pigmentado		material pigmentado	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 19, se observa proporción de contaminación de aguas subsuperficiales en los puntos de monitoreo promediado; donde se llegó a determinar, que todas muestras dieron como resultado (Material pigmentada) de un total de 6 muestras en dos tiempos monitoreados, estas mostraron diferencias significativas ($P \geq 0.05$), lo cual indica la proporción de contaminación del agua subsuperficial en los puntos de monitoreo se evidencia una semejanza, pero aritméticamente no se observa variación. Donde nos indica que no están dentro del rango permisible.

Las aguas pueden estar coloridas debido a la presencia de iones metálicos naturales, humos, materia orgánica y contaminación domésticos. El color que en el agua produce la materia suspendida y disuelta, se le denomina “color aparente”, una vez eliminado el material suspendido, el color remanente se le conoce como “Color verdadero”, siendo este último el que se mide en esta determinación (DIGESA, 2018).

Por consiguiente, las concentraciones de lixiviados y otros tipos de sustancias tóxicas viene alterando la variación del color, por lo que esta puede causar la opacidad del mismo.

1. Olor.

Tabla 20. Cuadro comparativo del olor.

Parámetros	LMP	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6
Olor	Aceptable	Pítrico	Pítrico	Pítrico	Pítrico	Pítrico	Pítrico

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20, se observa proporción de contaminación de los puntos de muestreo de aguas subsuperficiales; donde se llegó a determinar que las seis (6) lugares de muestreo, promedio obtenido en dos tiempos monitoreados, un olor Pítrico, estos mostraron diferencias significativas. Lo cual indica la proporción de contaminación del agua subsuperficial en los puntos de monitoreo, se evidencia una semejanza, pero aritméticamente se observa variación.

En su forma pura, el agua no produce sensaciones olfativas. El olor en el agua puede utilizarse de manera subjetiva para describir cualitativamente su calidad, estado, procedencia o contenido. Aun cuando esta propiedad pueda tener un amplio espectro de posibilidades, para propósitos de calidad de aguas existen ciertos aromas característicos que tipifican algunas fuentes u orígenes, más o menos bien definidos, sin embargo, de acuerdo al tipo de olor se puede definir el tipo de agua, en este caso es olor pítrico, que según DIGESA, este tipo de agua es procedente típico de lixiviados de RS. y de aguas de PTARs. Lo que demuestra que no estaría dentro de los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de calidad del agua aprobado en el D.S. N° 031 – 2010 – SA (DIGESA, 2018).

De acuerdo a los resultados de análisis de laboratorio del parámetro físico olor, se determina que el agua de los seis (06) puntos de muestreo con una frecuencia muestreada en dos tiempos, de la parte inferior del relleno sanitario del

sector Itapalluni del distrito de Puno, tendrían la presencia de contaminantes por materias orgánicas típicos de RRSS por mostrar que el tipo de agua pícrico, por lo que no está dentro de los ECA – agua.

m. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅).

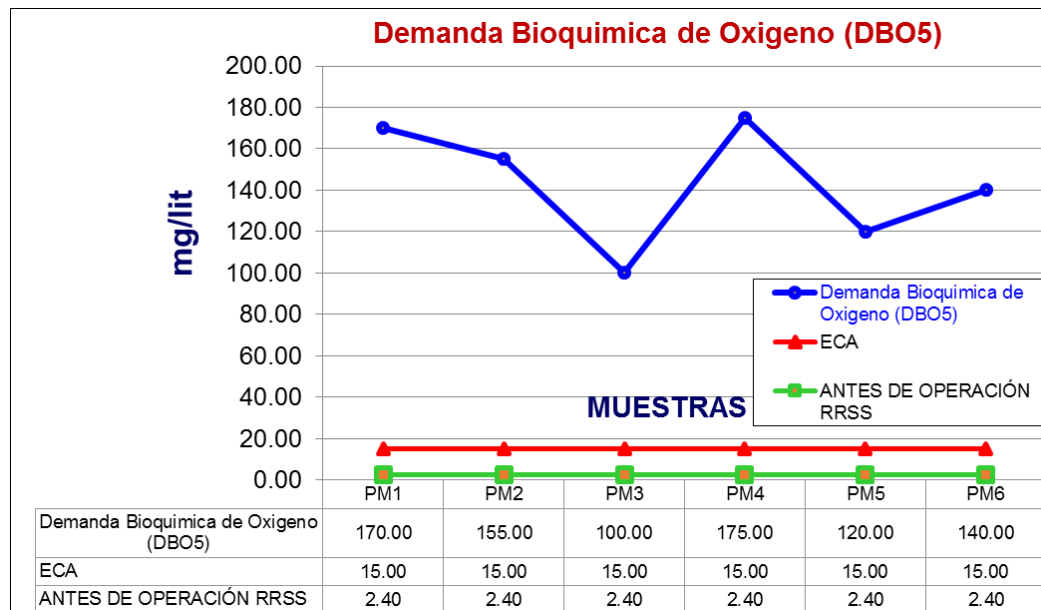


Figura 25. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Fuente: Elaboración propio.

Como se observa en la figura 25, el valor promedio máximo de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) es de la muestra PM4 con un valor de 175.00 mg/lit. y el valor promedio mínimo está en la muestra PM3 con un valor de 100.00 mg/Lit. y en total encontramos un promedio de 143.33 mg/L. lo cual se considera un valor muy elevado de acuerdo al valor de ECA-agua, establecidos por los estándares de calidad ambiental para la sub categoría D2 de la categoría 3 para fines de bebida de animales aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM, el cual establece un valor de 15.00 mg/L, además para este parámetro la presencia de relleno sanitario ha influido negativamente, en vista que antes de la operación del mismo, el valor obtenido promedio era de 2.4 mg/L, valor que estaba debajo de parámetro que establece el ECA, 15 mg/L, por lo que la variación es negativo,



considerando que los resultados pueden ser variables en vista que afecta muchos factores como la ubicación, tipo de flujo y otros agentes que pueden afectar, pero no en la magnitud que se ha identificado.

Las aguas subterráneas suelen contener menos de 1 ppm, un contenido superior es sinónimo de contaminación por infiltración freática. En las aguas superficiales es muy variable y depende de las fuentes contaminantes aguas arriba. En aguas residuales domésticas se sitúa entre 100 y 350 ppm. En aguas industriales alcanza varios miles de ppm. Los parámetros biológicos básicamente se basan en el conteo de bacterias, huevos de parásitos y Coliformes fecales, entre otros que afecten de manera significativa la salud de las personas (Mamani Vilcapaza, 2012).

Por consiguiente, de acuerdo a los resultados de análisis de demanda bioquímica de oxígeno a través de la medición en laboratorio, se determina que el agua de los seis (06) puntos de muestreo con una frecuencia muestreada en dos tiempos, de la parte inferior del relleno sanitario del sector Itapalluni del distrito de Puno, no son aptas para consumo y bebida de animales por mostrar el valor elevado mayor a los Estándares de Calidad Ambiental para la subcategoría D2 de la categoría 3, aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM, obteniendo los valores mayores al ECA, se tienen contaminación por infiltración freática, lo cual está causando variación de parámetros fisicoquímico en las aguas subsuperficiales, de acuerdo a valor obtenido de 100 a 175 kg/L. este tipo de agua es contaminada por aguas residuales domésticas, lo que contiene materia orgánica, grasas, animales y otros que son provenientes de rellenos sanitarios.

Por lo expuesto en párrafos anteriores se acepta la hipótesis planteada dado que, el relleno sanitario del sector Itapalluni del Distrito de Puno, tiene una influencia en la contaminación de las aguas subsuperficiales.

n. Demanda química de oxígeno (DQO).

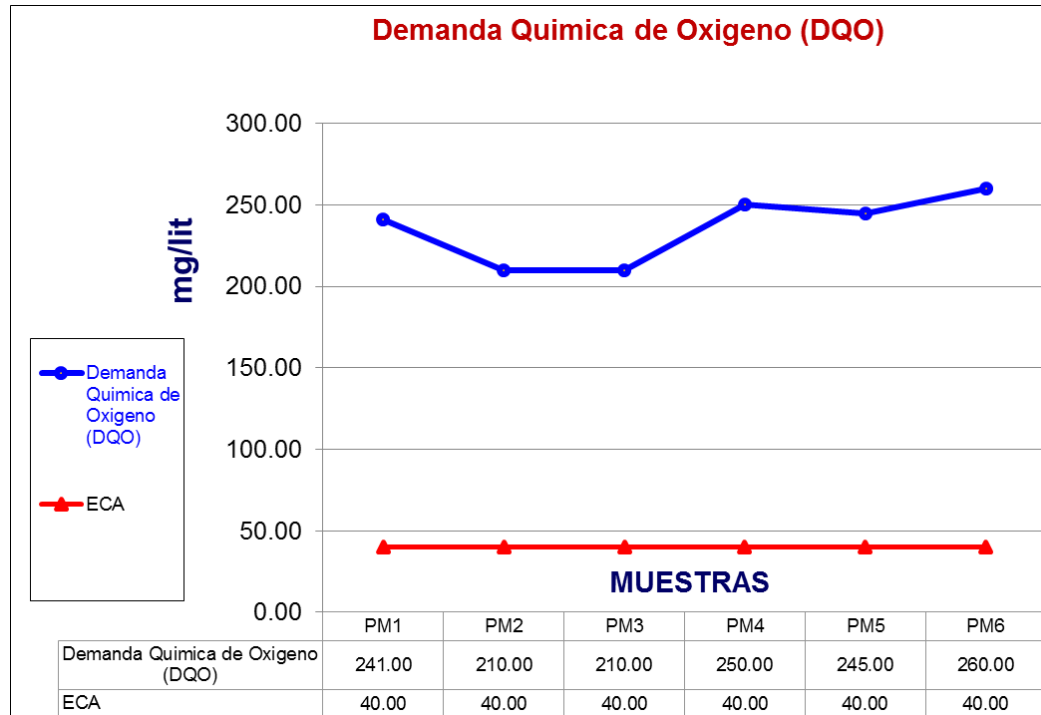


Figura 26. Demanda química de oxígeno (DQO).

Fuente: Elaboración propio.

Como se observa en la figura 26, el valor promedio máximo promedio de Demanda Química de Oxígeno (DQO) es de la muestra PM6 con un valor de 260.00 mg/lit. y el valor promedio mínimo está en la muestra PM2 y PM3 con un valor de 210.00 mg/Lit. y en total encontramos un promedio de 236.00 mg/Lit. lo cual el resultado demuestra un valor elevadísimo respecto al ECA-agua, establecidos por los estándares de calidad ambiental para la subcategoría D2 de la categoría 3 aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM, el cual establece un valor de 40.00 mg/L, para bebida de animales el cual es la actividad que predomina en la zona.



Las aguas no contaminadas tienen valores de DQO de 1 a 5 ppm. Las aguas residuales domésticas están entre 260 y 600 ppm. Hay un índice que indica que tipo de aguas se están analizando y se obtiene con la relación (DBO/DQO) si es menor de 0,2 el vertido será de tipo inorgánico y si es mayor de 0,6 se interpretará como un vertido orgánico (Mamani Vilcapaza, 2012).

Por consiguiente, de acuerdo a los resultados de análisis de demanda química de oxígeno a través de la medición en laboratorio, se determina que el agua de los seis (06) puntos de muestreo con una frecuencia muestreada en dos tiempos, de la parte inferior del relleno sanitario del sector Itapalluni del distrito de Puno, no son aptas para la bebida de animales por mostrar valores elevados mayores a los Estándares de Calidad Ambiental para la categoría y subcategoría 3-D2 aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM, obteniendo los valores mayores al ECA, se tienen contaminación por infiltración freática, lo cual está causando variación de parámetros fisicoquímico en las aguas subsuperficiales, además (Mamani Vilcapaza, 2012) considera que los valores entre 260 a 600 mg/L, son provenientes de aguas residuales domésticas, por lo que se tiene la presencia de material orgánico propios de rellenos sanitarios.

Por lo expuesto en párrafos anteriores se acepta la hipótesis planteada dado que, el relleno sanitario del sector Itapalluni del Distrito de Puno, influye negativamente en la calidad de las aguas subsuperficiales.

o. Relación de DBO₅/DQO.

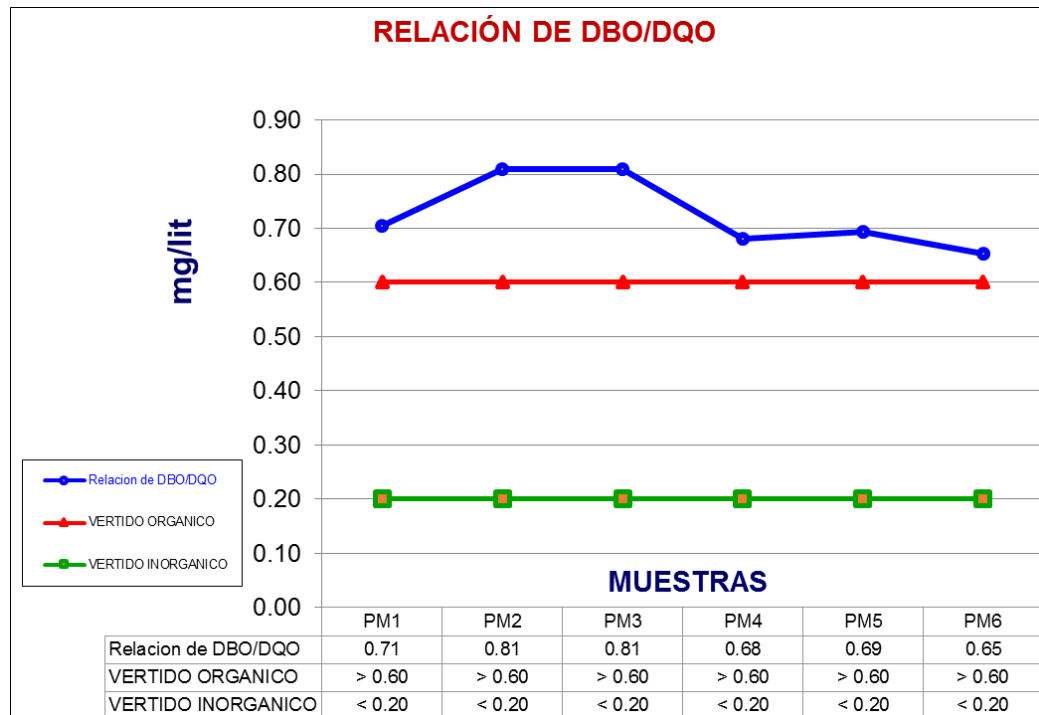


Figura 27. Relación de DBO/DQO para definir el tipo de vertido.

Fuente: Elaboración propio.

Como se observa en la figura 27, la relación que existe entre la demanda bioquímica de oxígeno entre la demanda química de oxígeno (DBO/DQO), esto a fin de determinar el tipo de contaminación que se da por las aguas residuales si es de tipo orgánico o inorgánico, la relación se realizó con el promedio en cada punto de muestreo resultando en la mayoría que la contaminación producida a las aguas subsuperficiales es de tipo orgánico en vista que los valores mostrados son mayores > a 0.6.

Para determinar el tipo de aguas se están analizando, se tiene que realizar la relación de (DBO/DQO) el resultado debe ser interpretado que si es menor de 0,2 el vertido será de tipo inorgánico y si es mayor de 0,6 se interpretará como un vertido orgánico según (Mamani Vilcapaza, 2012).



También se define como el interés del coeficiente entre los valores obtenidos de DBO y DQO, esta relación nos indica y nos da a conocer el tipo de contaminación de las aguas residuales estudiadas. Un cociente DBO/DQO inferior a 0,2 nos informa que es tipo de vertido es inorgánico (probablemente, aguas residuales industriales), por otro lado, si es superior a 0,6 el vertido es de tipo orgánico (probablemente, aguas residuales urbanas, restos de ganado o industria alimenticia) tal como define (Comunitat Valencia, 2022).

Por lo que se determina que el tipo de contaminación que se viene dando en las aguas su superficiales del sector de Itapallini del distrito de Puno, el vertido es de tipo orgánico, esto debido al vertimiento de las aguas residuales urbanas, industrias alimentarias, restos de animales y otros que son propios de lixiviados.

Los parámetros que generalmente se alteran por la contaminación de lixiviados de un relleno sanitario, con valores elevados son demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y demanda química de oxígeno (DQO), esto debido a que los lixiviados se infiltran en el sub suelo tal como menciona (Montalvo Quiroz & Quispe Becerra, 2018).

4.1.4. Para cálculo del índice de calidad de agua ICA-PE.

Para la determinación del índice de calidad de agua subsuperficial, y determinar el grado de contaminación en la calidad de agua en función a los parámetros físico químicos se aplica la fórmula canadiense, que comprende tres (03) factores (alcance, frecuencia y amplitud), con el resultado y cálculo matemático de los tres factores se realiza el cálculo matemático un valor único (entre 0 y 100), que va representar e identificar el estado de la calidad del agua de un punto de monitoreo, un curso de agua, en este caso se considera los seis (06)

puntos de muestreo de aguas subsuperficiales. Para la determinación de estos tres factores se utilizaron las formulas indicadas en el numeral 2.2.47.

Para el desarrollo del cálculo del índice de calidad del agua subsuperficiales tomados en los seis (06) puntos de muestreo para determinar el grado de calidad de agua para la categoría 3 de la sub categoría D2 bebida de animales según los Estándares de Calidad Ambiental ECA - agua, se empleó una aplicación en Microsoft Excel (hoja de cálculo), un macro donde se introdujo los datos y las fórmulas matemáticas para la obtención de los factores (F1, F2 y F3) y asimismo el valor del índice de calidad de agua, $CCME_{WQI}$, es calculado y como resultado, el valor del índice se presenta como un número adimensional comprendido entre 1- 100, el cual permite establecer escalas en cinco rangos, que son niveles de sensibilidad que me expresan y califican el estado de la calidad del agua, como mala, regular, favorable, buena y excelente, según el siguiente cuadro (ANA, 2016).

Tabla 21. Interpretación de la calificación ICA

INTERPRETACIÓN	CCME_WQ I	CALIFICACIÓN
La calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados.	95 - 100	EXCELENTE
La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural del agua. Sin embargo, las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.	80 - 94	BUENA
La calidad del agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Muchos de los usos necesitan tratamiento.	65 - 79	FAVORABLE
La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Mucho de los usos necesitan tratamiento.	45 - 64	REGULAR
La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan previo tratamiento.	0 - 44	MALA

Fuente: ICA – PE Autoridad Nacional de Agua.

La metodología adoptada, es aplicada una vez se tiene la data de los seis (06) puntos de monitoreo, con dos tiempos de frecuencia, primero época seca y la segunda conocida como época de lluvia en la zona, para calcular y presentar los ICA's de los cuerpos de agua subsuperficial por la parte inferior del relleno sanitario del sector Itapalluni se procedió a realizar el cálculo.

a. Del cálculo del índice de calidad de agua ICA-PE.

Para calcular el índice de calidad ambiental se aplica el ICA-PE, de manera referencial, en vista que no hay estudios que determinan calidad de agua en aguas subsuperficiales, por lo que se hizo uso de las fórmulas canadienses (CCME_WQI) que comprende 3 factores (F1, F2 y F3), debido a que el ICA-PE se basa en estas fórmulas con algunas modificaciones, para ello se usó principalmente los formatos creados en Excel con los resultados de monitoreo de las seis (06) puntos de monitoreo, con una frecuencia de muestreos en dos temporadas, primer muestreo época seca y segunda temporada de lluvias, de aguas subsuperficiales, por lo tanto, el cálculo del ICA-PE, se realizó un promedio en cada punto de muestreo posterior a ello se realizó de la siguiente manera.

Para el desarrollo y cálculo de los factores, se ha creado la programación en Excel con datos de resultados de laboratorio, al cual se ha encontrado para los 6 puntos de muestreo, los factores, F1 esta se calculó dividiendo el número de parámetros que no cumplen el ECA entre el número total de parámetros evaluados, (ecuación 1), F2 se calculó dividiendo el número de resultados que no cumplen el ECA entre el total de resultados, (ecuación 2) y F3 se calculó dividiendo la suma normalizada de excedentes (nse) entre la suma normalizada de excedentes más 1, al cual se lo multiplica por 100 según (ecuación 3), donde la



suma normalizada de excedentes se calculó sumando el total de los excedentes, a esto dividido entre el total de datos evaluados según la tabla (ecuación 4), el cálculo y determinación de los excedentes es en función a los datos que no cumplieron el ECA, para ello se da dos tipos de casos, el primero se da cuando el dato del parámetro evaluado supera el ECA, el excedente se encontró dividiendo el valor del parámetro que no cumple el ECA entre el valor del parámetro establecido en el ECA, a la vez al resultado se le va restar 1 (ecuación 5) y el otro o segundo caso cuando el dato del parámetro evaluado está inferior a lo recomendado, el excedente se encontró dividiendo el valor del parámetro establecido en el ECA entre el valor del parámetro que no cumple el ECA, también a esto se le resta 1 al resultado (ecuación 6), finalmente el ICA-PE se calculó utilizando la fórmula en la cual se resta 100 menos la raíz cuadrada del promedio de cuadrados de F1, F2 y F3 (ecuación 7). El cálculo del ICA-PE se realizó en la misma hoja Excel creado como plantilla de procesamiento de datos.

4.1.5. Resultados ICA-PE.

Para la obtención de los resultados de los índices de calidad de agua, se ha desarrollado en función al procedimiento establecido del cálculo del ICA (ítem 2.2.47.).

A través de la programación de una macro en Excel que realiza todo el proceso de cálculo (programación de fórmulas matemáticas para el cálculo de los factores y el $(CCME_{WQI})$, teniendo en cuenta las condiciones que se necesitan para el cálculo de los excedentes, y así obtener la suma normalizada de todos los excedentes que se tienen en la data completa que se tiene de todo los monitoreos del cuerpo de agua y puntos muestreados en estudio, para realizarse el cálculo de



los factores y del valor numérico del ICA al lado de su resultado cualitativo en su escala de colores al cual representa, se ha obtenido los siguientes resultados.

b. Del cálculo del índice de calidad de agua punto de muestreo PM N° 01, 02, 03, 04, 05 y 06.

Cálculo del ICA correspondiente a dos (02) monitoreos de aguas subsuperficiales, realizado el 16 de junio 2021 en época seca y realizado el 03 de noviembre del 2021, época de lluvias, de ello el resultado a presentar son los ICA de los seis (06) puntos de monitoreo en la parte baja en dirección de cursos fluviales y humedales del relleno sanitario del sector Itapalluni, esto con la finalidad de determinar el grado de calidad de las aguas subsuperficiales estudiadas por debajo de los cauces y dirección de agua, considerando que las aguas subsuperficiales o llamados también interflujo están ubicados en poca profundidad, debido a que las aguas de lluvia se infiltra en el suelo y se mueve subhorizontalmente por debajo del suelo por los horizontes superiores para aflorar súbitamente al aire libre en forma de manantiales y encausarse en los cursos de agua como ríos o arroyos.

Tabla 22. Evaluación y determinación del ICA para los seis (06) puntos de monitoreo.

PUNTOS DE MONITOREO	PUNTO DE MUESTRE 01		PUNTO DE MUESTRE 02		PUNTO DE MUESTRE 03		PUNTO DE MUESTRE 04		PUNTO DE MUESTRE 05		PUNTO DE MUESTRE 06			
	Unidad	ECA	Cat-3-D2	16-jun-21	03-nov-21	16-jun-21	03-nov-21	16-jun-21	03-nov-21	16-jun-21	03-nov-21	16-jun-21	03-nov-21	
Parámetros a Evaluar - CCME_WQI	---	6.5 - 8.4	7.11	6.627	7.254	6.57	7.186	6.875	7.167	6.947	6.691	7.165	6.638	8.4
FISICOS - QUIMICOS	Conductividad Eléctrica C.E.	5000 uS/cm	0.388	116.1	0.211	92.4	0.288	61.1	0.236	58	0.229	97.1	0.165	101.8
Nitratos	mg/lit	100	24.8	18.6	24.8	18.6	18.6	18.6	22.6	18.6	34.1	12.4	20	12.4
Nitritos	mg/lit	10	0.093	0.093	0.09	0.093	0.093	0.093	0.098	0.098	0.099	0.099	0.05	0.05
Oxígeno Disuelto	mg/l	≥ 5	3.4	2.7	3.2	2.4	3.6	3.1	4	3.5	3.6	3.3	3.8	3.8
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/lit	15	180	160	140	170	100	100	180	170	110	130	120	160
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/lit	40	242	240	220	200	200	220	260	240	230	260	260	260
DATOS	Numero de Parámetros que NO cumplen (ECA)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Número total de Parámetros a Evaluar	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	Número de datos que NO cumplen (ECA)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	Número total de datos	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Cálculo de los factores del ICA (CCME_WQI) excedentes de cada parámetro en cada monitoreo y cálculo de calidad de agua (ICA - PE)

PUNTOS DE MONITOREO	PUNTO DE MUESTRE 01		PUNTO DE MUESTRE 02		PUNTO DE MUESTRE 03		PUNTO DE MUESTRE 04		PUNTO DE MUESTRE 05		PUNTO DE MUESTRE 06	
F1 - ALCANCE	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
F2 - FRECUENCIA	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
pH	6.5 - 8.4											
Conductividad Eléctrica C.E.	uS/cm 5000											
Nitratos	mg/lit 100											
Nitritos	mg/lit 10											
Oxígeno Disuelto	0.47	0.85	0.56	1.08	0.39	0.61	0.25	0.43	0.39	0.52	0.32	0.32
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	11.00	9.67	8.33	10.33	5.67	5.67	11.00	10.33	6.33	7.67	7.00	9.67
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	5.05	5.00	4.50	4.00	4.00	4.50	5.50	5.00	4.75	5.50	5.50	5.50
SUMATORIA NORMALIZADA DE EXCEDENTES	2.29	2.06	2.06	1.49	1.49	2.32	2.32	1.80	1.80	2.02	2.02	2.02
F3 - AMPLITUD	69.59	67.30	48.86	59.81	54.55	46.88	64.24	51.18	51.18	66.90	49.16	49.16
INDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA- PE)	REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR											

Fuente: Elaboración propia.

La calificación del ICA en su resultado corresponde según lo establecido en la tabla 23.

ICA	95 - 100	80 - 94	65 - 79	45 - 64	0 - 44
CALIFICACIÓN	EXCELENTE	BUENA	FAVORABLE	REGULAR	MALA



En las tablas 22 y 23, se muestra el cálculo del ICA para los seis (06) puntos de monitoreo, con resultados puntuales, es decir la calificación de la evaluación del estado de la calidad del agua corresponde a dos monitores, no pudiendo ser representativo cuando se requiere dar uso al ICA de la microcuenca, en donde para calificar mediante un índice, esta evaluación se debe dar en un período determinado de tiempo en donde se hayan tomado los monitoreado como mínimo cuatro (4) monitores.

Los resultados obtenidos y/o calculados del ICA, determinan un valor único la misma que se encuentran establecido dentro del rango de (0 a 100), el cual representa y de esa manera se determina la calificación del estado de la calidad del agua subsuperficial de los puntos de monitoreo en la zona de influencia de la parte baja del RRSS – sector Itapalluni; en donde el valor obtenido depende de la zona de ubicación de los puntos de monitoreo realizado, ya que desde el punto de vertimiento de contaminantes y a lo largo de cursos fluviales y humedales esto varía en función a la distancia, son diversos los factores que alteran y afectan la calidad del agua.

Tabla 24. Resultados del ICA.

MONITOREOS (06) PUNTOS - PARTE BAJA RRSS - ITAPALLUNI - PUNO				
Nro	PUNTO	CUERPO DE AGUA	RESULTADOS ICA	
1	PM-01	Agua Subsuperficial	47.12	REGULAR
2	PM-02	Agua Subsuperficial	48.86	REGULAR
3	PM-03	Agua Subsuperficial	54.55	REGULAR
4	PM-04	Agua Subsuperficial	46.88	REGULAR
5	PM-05	Agua Subsuperficial	51.18	REGULAR
6	PM-06	Agua Subsuperficial	49.16	REGULAR
PROMEDIO=			49.63	REGULAR

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados de los ICA's de los seis (06) puntos de monitoreo de aguas subsuperficiales, son interpretados mediante la escala de colores que se muestran en la tabla 23, los resultados obtenidos del procesamiento de datos se muestran en la tabla 21 y 22, obteniendo en PM01= 47.12 con calificación regular, PM02=48.86 con calificación regular, PM03= 54.55 con calificación regular, PM04= 46.88 con calificación regular, PM05= 51.18 con calificación regular y finalmente en PM06=49.16 con calificación regular, los cuales se encuentran en la escala de 45 - 55, según los índices de calidad de agua ICA, nos muestra que el agua es de calidad REGULAR para la sub categoría D2 de la categoría 3 que corresponde para la bebida de animales, el cual es la actividad que predomina en la zona.

Por lo tanto, de los seis (06) puntos de muestreo con frecuencia de 2 monitoreos, se ha obtenido el valor promedio que resulta 49.63 los que según los índices de calidad de agua ICA, nos muestra que la calificación de la calidad del



agua es REGULAR, por lo que estas aguas no son aptas al 100% para el consumo o bebida de los animales, porque la calidad de agua subsuperficiales no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañada mucho de los usos necesitan tratamiento, por lo que la mayoría de enfermedades a causa de una calidad deficiente de aguas subsuperficiales comparten síntomas comunes, los síntomas varían de acuerdo a la bacteria, el virus o el microorganismo patógeno, de todo los síntomas están malestar del abdomen, vomito, fiebre, diarrea, pérdida de peso, pérdida de apetito y hasta en algunas ocasiones llegan a la muerte. Por lo que para el uso en la bebida de los animales no cumple a los Estándares de Calidad Ambiental para la categoría 3 y sub categoría D2 (bebida de animales), aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM. Para su uso se necesita un previo tratamiento.

Para determinar la influencia del relleno sanitario sobre la calidad de las aguas subsuperficiales es necesario tomar resultados de estudios anteriores a la operación del relleno sanitario, por consiguiente se tomó en consideración de manera referencial los resultados obtenidos por el laboratorio de ensayo acreditado por la Inacal, V&S LAB, el mismo que realizó monitoreos de aguas superficiales en el río Itapalluni, durante tres periodos de monitoreo, en los meses de septiembre, noviembre y diciembre del año 2018, encontrando valores para la evaluación en la categoría 3 de la sub categoría D2, (bebida de animales), de los parámetros físico químicos, como son demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, nitritos, potencial de hidrogeno pH, oxígeno disuelto y conductividad, tales valores estuvieron dentro de los parámetros de estándares de calidad ambiental ECA – agua, para calcular la calidad de estés aguas se ha procesado el cálculo del

ICA-PE utilizando la misma hoja Excel creado como plantilla de procesamiento de datos, obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 25. Resultados del ICA en monitoreos antes del inicio de operación del relleno sanitario.

PUNTOS DE MONITOREO			PUNTO DE MUESTREO AGUAS ARRIBA E-1			PUNTO DE MUESTREO AGUAS ABAJO E-2			
Parámetros a Evaluar - CCME_WQI	Unidad	ECA Cat-3- D2	08-sep- 18	22-nov- 18	21-dic- 18	08-sep- 18	22-nov- 18	21-dic- 18	
FISICOS - QUIMICOS	pH	---	6.5 - 8.4	6.17	6.92	6.2	6.5		
	Conductividad Eléctrica C.E.	uS/cm	5000	111.8	82.8	112.2	81.8		
	Nitratos	mg/lit	100	0.07		0.1			
	Nitritos	mg/lit	10	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	
	Oxígeno Disuelto	mg/l	≥ 5	7.4	5.4	8.9	8.5	5.6	8.78
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/lit	15	3	2.1	2	3.3	2	2
DATOS	Número de Parámetros que NO cumplen (ECA)		1			1			
	Número total de Parámetros a Evaluar		6			6			
	Número de datos que NO cumplen (ECA)		1			1			
	Número total de datos		14			14			
CÁLCULO DE LOS FACTORES DEL ICA (CCME_WQI) EXCEDENTES DE CADA PARAMETRO EN CADA MONITOREO	F1 - ALCANCE		0.17			0.17			
	F2 - FRECUENCIA		0.07			0.07			
	pH	---	6.5 - 8.4	0.05			0.05		
	Conductividad Eléctrica C.E.	uS/cm	5000						
	Nitratos	mg/lit	100						
	Nitritos	mg/lit	10						
	Oxígeno Disuelto	mg/l	≥ 5						
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/lit	15						
	SUMATORIA NORMALIZADA DE EXCEDENTES		0.00			0.00			
	F3 - AMPLITUD		0.38			0.34			
INDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA-PE)			99.66			99.68			

EXCELENTE

EXCELENTE

Fuente: Elaboración propio.

Como se muestra en la tabla 25, los resultados obtenidos con los parámetros fisicoquímico, del monitoreo realizado en el año 2018 antes del inicio de operación del relleno sanitario, la calidad de las aguas superficiales, que



desembocan de la microcuenca Itapalluni, parte de la zona de estudio, se obtuvieron una calidad de agua EXCELENTE, de acuerdo al resultado obtenido por el cálculo del ICA, sin embargo a los resultados obtenidos en el presente investigación el cálculo del ICA, dio como resultado una calidad de agua REGULAR, las relación de resultados puede ser variable en vista que afecta muchos factores como la ubicación de los puntos de muestreo, tipo de flujo, cuerpos de agua evaluado y otros agentes que en el transcurso de cauce puede variar algunos parámetros, sin embargo los resultados obtenidos varían en un 49.79%, lo que quiere indicar que el relleno sanitario a través del vertido de los lixiviados en el año 2021, influye negativamente sobre la calidad de aguas subsuperficiales con una afectación del 49.79%.

Por lo expuesto en párrafos anteriores se acepta la hipótesis planteada dado que, el relleno sanitario del sector Itapalluni del distrito de Puno, influye en el grado de la calidad de agua subsuperficial, en vista que el derrame generado en la época lluviosa del año 2021, afecto la calidad de agua de los cursos fluviales y humedales de la zona baja del relleno sanitario, considerando que hay una variación considerable de resultados en los parámetros físico químicos estudiados antes de la operación y posterior a la operación del relleno sanitario.

4.1.6. Evaluación de la influencia del relleno sanitario en función a la distancia de muestreo.

De acuerdo a los resultados obtenidos del valor promedio de cada punto de monitoreo, respecto al índice de calidad de agua ICA-PE, mostrado en la tabla 23, se ha determinado la calificación en cada punto, en el cual muestra una variación mínima del total de los seis (06) puntos monitoreados, la ubicación de



cada punto se da de acuerdo a los cursos fluviales y humedales, en el que se considera que el derrame superficial de lixiviados pueda afectar de manera considerable en estos cauces subsuperficiales, en donde la dirección del flujo es de acuerdo a la pendiente propia del terreno conforme se detalla en el plano del anexo D, por lo que las muestras se toman a poco profundos por ser aguas subsuperficiales o llamada también interflujo, la evaluación se ha realizado para la subcategoría D2 de la categoría 3, el cual corresponde para la bebida de animales mayores y menores, de los estándares de la calidad ambiental ECA – agua, se consideró realizar la evaluación para esta categoría en vista que, es la actividad que predomina en la zona de estudio, ya que un 90% de los comuneros se dedican a la crianza de vacunos, ovinos, camélidos, cuyes, gallinas y otros conforme se indica en el censo nacional agropecuario realizado en el año 2012 (INEI, 2012), en la figura 28 se muestra los puntos de muestreo con su elevación de la superficie del terreno, así como se muestra la línea de la profundidad de la cota del agua de cada punto, también se muestra la distancia desde el punto de vertimiento de lixiviados hasta los puntos de cada muestreo.

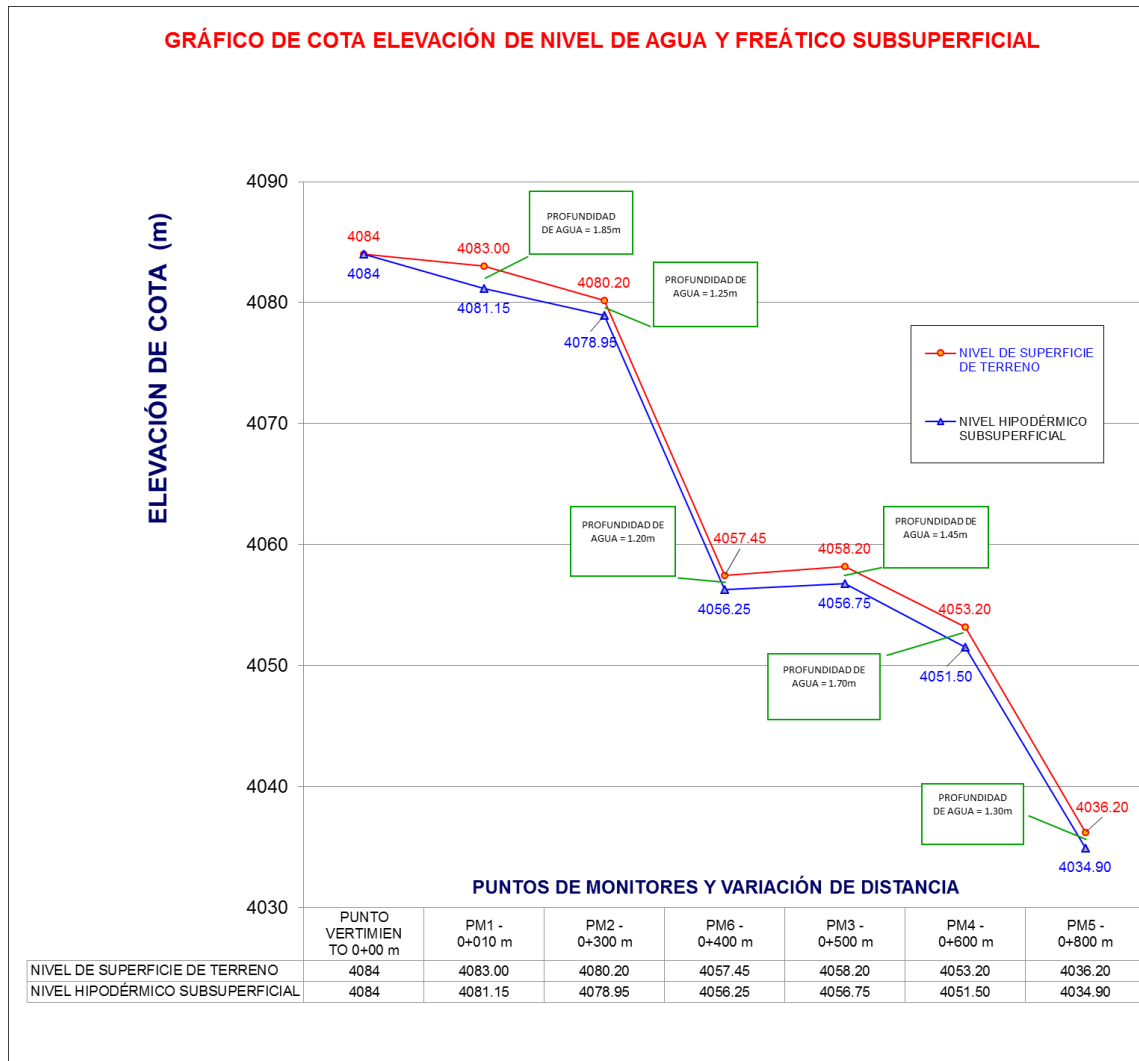


Figura 28. Gráfico de cota elevación de nivel de agua y freático subsuperficial

Fuente: Elaboración propio.

Variación de calificación ICA-PE

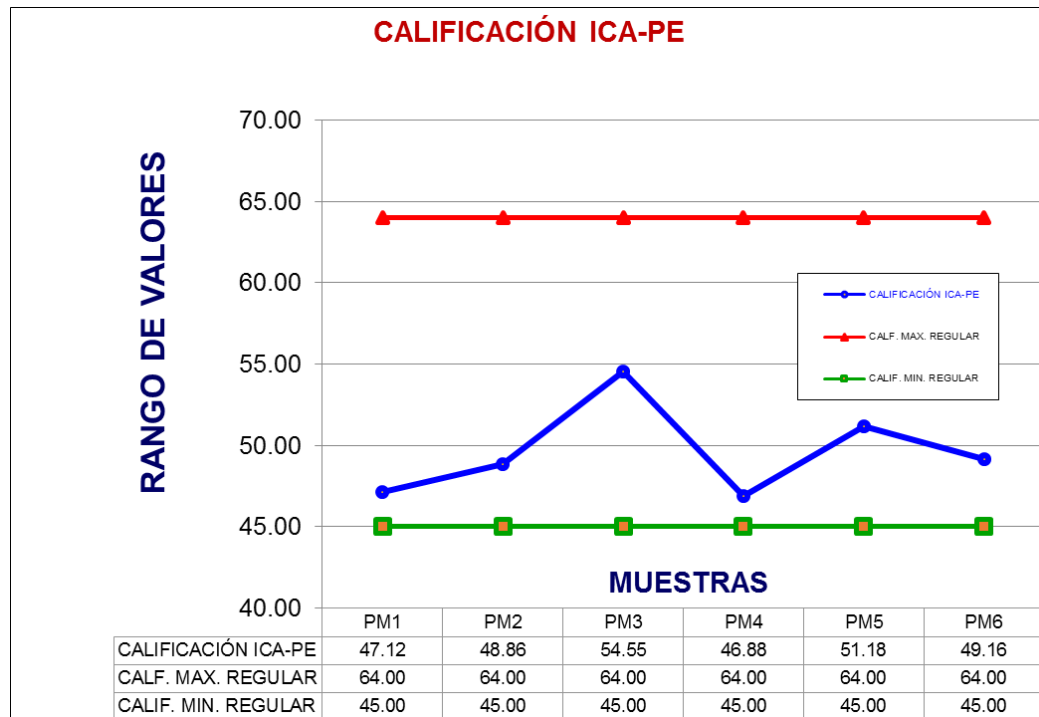


Figura 29. Variación de la calificación ICA-PE en cada punto monitoreado

Fuente: Elaboración propio.

Respecto al PM1, el valor promedio calculado del ICA – PE, es de 47.12, este valor según la tabla de calificaciones se considera como agua de regular calidad, con valores menores en el rango establecido de 45 a 64, esto se debe a que este punto de monitoreo está a una distancia de 10 metros del punto de vertimiento o derrame producido de lixiviados. Por lo que estas aguas de manera frecuente las condiciones deseables están amenazados o dañadas, por lo que para el uso establecido necesita su respectivo tratamiento.

Respecto al PM2, el valor promedio calculado del ICA – PE, es de 48.86, este valor según la tabla de calificaciones se considera como agua de regular calidad, con valores mayores al PM1, debido a que el punto de muestreo no se encuentra en el cauce fluvial de la dirección de circulación del agua subsuperficial, también está ubicado a una distancia de 300 metros del punto de vertimiento o



derrame producido de lixiviados. Por lo que estas aguas de manera frecuente las condiciones deseables están amenazados o dañadas, por lo que para el uso establecido necesita su respectivo tratamiento.

Respecto al PM3, el valor promedio calculado del ICA – PE, es de 54.55, este valor según la tabla de calificaciones se considera como agua de regular calidad, con valores mayores al PM1 y PM2, debido a que el punto de monitoreo se encuentra alejada a una distancia de 500 metros del punto de vertimiento o derrame producido de lixiviados. Por lo que estas aguas de manera frecuente las condiciones deseables están amenazados o dañadas, por lo que para el uso establecido necesita su respectivo tratamiento.

Respecto al PM4, el valor promedio calculado del ICA – PE, es de 46.88, este valor según la tabla de calificaciones se considera como agua de regular calidad, en este punto de muestreo el valor encontrado es el menor al PM1, PM2 y PM3, los resultados obtenidos varían de acuerdo al transporte del contaminante por advección, y la distancia de 600 metros del punto de vertimiento o derrame producido de lixiviados. Por lo que estas aguas de manera frecuente las condiciones deseables están amenazados o dañadas, por lo que para el uso establecido necesita su respectivo tratamiento.

Respecto al PM5, el valor promedio calculado del ICA – PE, es de 51.18, este valor según la tabla de calificaciones se considera como agua de regular calidad, con valores mayores al PM1, PM2 y PM4, debido a que el punto de monitoreo se encuentra alejada a una distancia de 800 metros del punto de vertimiento o derrame producido de lixiviados. Por lo que estas aguas de manera

frecuente las condiciones deseables están amenazados o dañadas, por lo que para el uso establecido necesita su respectivo tratamiento.

Respecto al PM6, el valor promedio calculado del ICA – PE, es de 49.16, este valor según la tabla de calificaciones se considera como agua de regular calidad, con valores mayores al PM1, PM2 y PM4, el punto de monitoreo se encuentra ubicada al otro lado del cauce fluvial, alejada a una distancia de 400 metros del punto de vertimiento o derrame producido de lixiviados. Por lo que estas aguas de manera frecuente las condiciones deseables están amenazados o dañadas, por lo que para el uso establecido necesita su respectivo tratamiento.

4.2. DISCUSION

a. Potencial de hidrogeno pH.

Para este parámetro, en monitoreo realizado antes de la etapa de operación del relleno sanitario en el año 2018, analizado en laboratorios de ensayo acreditado por organismo peruana de acreditación INACAL, V&S LAB, se realizó el monitoreo en dos puntos aguas abajo y aguas arriba del rio Itapalluni, la fuente de agua monitoreado fue en agua superficial, durante tres temporadas, por lo que el valor promedio calculado para este parámetro fue de 6.45 unidades de pH, que es inferior al valor obtenido promedio del presente investigación de 7.05 unidad de pH, los valores obtenidos en la presente investigación se considera agua pura sin embargo el valor de pH obtenido antes del funcionamiento del relleno sanitario fue inferior por lo que se considera agua poco acida, los valores obtenidos antes y después de la presencia del relleno sanitario, estas pueden variar en un mínimo porcentaje debido a que afectan factores como tipo de fuente de agua estudiado,



ubicación del punto de muestreo, la distancia de muestreo y agentes externos e internos del cauce de evaluación.

Los resultados de la investigación son semejantes a los antecedentes nacionales reportados por (Montalvo, *et al.* 2018) quienes cifran valores que oscilan entre 6.8 – 8.1 unidades de pH, pese a que en el estudio realizado el grado de contaminación salió alto en los de más parámetros por la presencia de lixiviados del relleno sanitario y a los reportados por (Lazo, 2017) quienes obtuvieron valores de 6.2 – 7.75 unidades de pH, también como resultado final se obtiene que hay un alto grado de toxicidad por la presencia de compuestos orgánicos; además por (Jhesibel, *et al.* 2016) reportan valores entre 7.96 – 8.39 unidades de pH, valores que están dentro de los parámetros, sin embargo la presencia de lixiviados ha alterado los valores de algunos parámetros esto por la disposición inadecuada de los residuos sólidos el cual impacto considerablemente en la calidad de las aguas, también (Espinoza, 2019) reporta valores entre 6.98 – 7.17 unidades de pH, los valores se encuentran dentro del ECA, pese a que otros parámetros físico químicos son afectados en las aguas subterráneas estudiadas en la calidad de agua. Por otro lado (Carita, 2017), obtuvieron valores de 5.8 - 8.75 unidades de pH respectivamente, siendo estos menores que nuestros resultados, el estudio realizado para este último fue para agua subterráneas del valle Lurín, así mismo en el estudio no se muestra la presencia de un relleno sanitario o la presencia de lixiviados.

Los resultados de la investigación comparada con los antecedentes locales, se encuentra que son semejantes con los estudios de (Pancca Mamani, 2021), en la ciudad de Juliaca y de la región Puno, quienes cifran un valor de 7.6 – 7.97 unidades de pH y a los reportados por (Calsín Ramírez, 2016) quienes obtuvieron



un valor mínimo de 4.50 y un valor máximo de 8.25 unidades de pH, estos dos últimos estudios se realizaron en los pozos existentes para consumo humano de la ciudad de Juliaca.

b. Conductividad eléctrica CE.

Para este parámetro, en monitoreo realizado antes de la etapa de operación del relleno sanitario en el año 2018, en laboratorios de ensayo acreditado por organismo peruano de acreditación INACAL, V&S LAB, monitoreado en dos puntos aguas abajo y aguas arriba del río Itapalluni, la fuente de agua monitoreado fue en agua superficial, durante tres temporadas, por lo que el valor promedio calculado para este parámetro fue de 97.15 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que es superior al valor obtenido promedio del presente investigación de 44.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, los valores obtenidos en la presente investigación es menor por lo que se considera agua más pura de acuerdo a lo indicado por (Mamani Vilcapaza, 2012), los valores obtenidos antes y después de la presencia del relleno sanitario, estas pueden variar en un mínimo porcentaje debido a que afectan factores como tipo de fuente de agua estudiado, ubicación del punto de muestreo, la distancia de muestreo y agentes externos e internos del cauce de evaluación.

La conductividad eléctrica del estudio es superior a los reportados por (Carita Tapia, 2017) quienes reportan valores entre 0.30 – 4.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en aguas subterráneas del valle el Lurín - Lima, también (Pancca Mamani, 2021) reporta valores de 0.98 – 1.50 $\mu\text{S}/\text{cm}$, asimismo la conductividad del estudio es inferior a los estudios realizados por (Montalvo Quiroz & Quispe Becerra, 2018), quienes cifran valores de 449 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 11950 $\mu\text{S}/\text{cm}$, además (Lazo Arevalo, 2017) reporta valores superiores de 93.20 – 318.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, así mismo (Espinoza Hernandez,



2019) reporta valores de 374 – 658 $\mu\text{S/cm}$, también (Calsín Ramírez , 2016) reporta valores de 460 – 3120 $\mu\text{S/cm}$, es probable que estas diferencias sean por las condiciones del medio físico, y por el tiempo de disposición de residuos, en vista que en el relleno sanitario de puno recién en octubre del 2019 inicia su operación.

c. Concentración de nitratos NO_3 .

Los resultados de monitoreo antes de la etapa de operación del relleno sanitario en el año 2018, realizado por laboratorios de ensayo acreditado por organismo peruana de acreditación INACAL, V&S LAB, en el cual realizó el monitoreo en dos puntos aguas abajo y aguas arriba del río Itapalluni, la fuente de agua monitoreado fue en agua superficial, durante tres temporadas, por lo que el valor promedio calculado para este parámetro fue de 0.09 mg/L, que es inferior al valor obtenido promedio del presente investigación de 20.86 mg/L, los resultados obtenidos en la presente investigación es mayor, pero está dentro de los parámetros del ECA - agua, para la categoría 3, los valores obtenidos antes y después de la presencia del relleno sanitario, estas pueden variar en un mínimo porcentaje debido a que afectan factores como tipo de fuente de agua estudiado, ubicación del punto de muestreo, la distancia de muestreo y agentes externos e internos del cauce de evaluación.

Los resultados reportados son mayores a los valores citados pero que están debajo del ECA, como son por (Lazo Arevalo, 2017) quienes cifran valores de 0 a 1 mg/L, siendo este valor inferior a los citados por (Carita Tapia, 2017) quien reporta valor de 0.00 a 46.67 mg/L, (Jhesibel Chavez, Damaris Leiva, & Oliva Cruz, 2016) quien reporta valor de 0.85 – 7.54 mg/L, (Espinoza Hernandez, 2019),

el cual reporta valor de 0.01 a 5.90 mg/L, (Pancca Mamani, 2021), quien reporta valor de 0.01 a 0.03 mg/L. Los autores indican que esto es debido al aumento de fertilizantes nitrogenados comerciales empleados en la agricultura y al retorno de desechos derivados de la explotación pecuaria u otras fuentes al suelo, además (Calsín Ramírez , 2016), encuentra el valor máximo por encima del ECA con valores de 3.54 a 66.71 mg/L.

d. Concentración de nitritos NO₂.

Según el monitoreo realizado antes de la etapa de operación del relleno sanitario en el año 2018, realizado por laboratorios de ensayo acreditado por organismo peruana de acreditación INACAL, V&S LAB, en el cual realizo el monitoreo en dos puntos aguas abajo y aguas arriba del rio Itapalluni, la fuente de agua monitoreado fue en agua superficial, durante tres temporadas, por lo que el valor promedio calculado para este parámetro fue de 0.003 mg/L, que es inferior al valor obtenido promedio del presente investigación de 0.09 mg/L, los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros del ECA - agua, para la categoría 3, los valores obtenidos antes y después de la presencia del relleno sanitario, estas pueden variar en un mínimo porcentaje debido a que afectan factores como tipo de fuente de agua estudiado, ubicación del punto de muestreo, la distancia de muestreo y agentes externos e internos del cauce de evaluación.

Los resultados reportados son mayores a los valores citados por (Lazo Arevalo, 2017) quienes cifran un valor de 0.00 mg/L, siendo este valor inferior a los citados por (Espinoza Hernandez, 2019), los cuales reportan valores de 0.005 a 19 mg/L este último valor reportado está por encima del ECA, probablemente se debe a la contaminación causada por la acumulación de excretas humanos y



animales estos pueden contribuir a elevar la concentración de nitritos en el agua, estos son solubles y no absorben a los componentes del suelo, por lo que son movilizados con facilidad por las aguas superficiales y subterráneas tal como menciona (Espinoza Hernandez, 2019).

e. Oxígeno disuelto.

Para este parámetro, en monitoreo realizado antes de la etapa de operación del relleno sanitario en el año 2018, realizado por laboratorios de ensayo acreditado por organismo peruana de acreditación INACAL, V&S LAB, en el cual realizo el monitoreo en dos puntos aguas abajo y aguas arriba del rio Itapalluni, la fuente de agua monitoreado fue en agua superficial, durante tres temporadas, por lo que el valor promedio calculado para este parámetro fue de 7.43 mg/L, que es superior al valor obtenido promedio del presente investigación de 3.37 mg/L, y mayor a lo establecido en los ECA - agua, para la categoría 3, ≥ 5 mg/L, el cual demuestra que la calidad del agua antes de la operación del relleno sanitario era de mejor calidad, posterior al funcionamiento del relleno sanitario, este parámetro ha sido afectado negativamente, no cumpliendo lo indicado por el ECA – agua, tal como señala (Espinoza Llorens, y otros, 2010) que la materia orgánica de los residuos provoca una disminución del oxígeno disuelto y un aumento de los nutrientes (nitrógeno y fósforo), todo lo cual contribuye al crecimiento descontrolado de algas y genera procesos de eutrofización. Los valores obtenidos antes y después de la presencia del relleno sanitario, estas pueden variar en un mínimo porcentaje debido a que afectan factores como tipo de fuente de agua estudiado, ubicación del punto de muestreo, la distancia de muestreo y agentes externos e internos del cauce de evaluación.



Los resultados obtenidos del Oxígeno Disuelto, por (Mego, *et al.* 2016) fueron similares, las concentraciones de oxígeno disuelto de las estaciones E2 (4,88 mg/l) y E3 (3,79 mg/l), en época de estiaje, estuvieron por debajo del rango permisible establecido en los ECAs para agua (≥ 5 mg/l), esto debido a la disposición inadecuada de los residuos sólidos, que afecta latentemente sobre la calidad de estas aguas.

f. Temperatura °C.

Por las condiciones ambientales de altura las temperaturas reportadas en el estudio son inferiores a los obtenidos por (Montalvo Quiroz & Quispe Becerra, 2018) quienes determinaron la temperatura en puntos muestreados en relleno sanitario estos son superiores a los 26.0 °C, características de las condiciones ambientales del trópico húmedo, siendo el menor temperatura (17.0°C) y la mayor temperatura (42.5°C). Por otro lado, (Lazo Arevalo, 2017) reportaron una temperatura de 30,0 °C a 31,3 °C en agua subterránea del cementerio general de Pucallpa - Ucayali, por otro lado (Jhesibel, *et al.* 2016) reportó una temperatura de 13.87 – 18.50 °C del botadero el Rondón de la ciudad de Chachapoyas – Amazonas – Perú, así como reporta (Calsín Ramírez , 2016) valores de 10.20 a 20 °C.

g. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5).

Para este parámetro, en monitoreo realizado antes de la etapa de operación del relleno sanitario en el año 2018, realizado por laboratorios de ensayo acreditado por organismo peruana de acreditación INACAL, V&S LAB, en el cual realizo el monitoreo en dos puntos aguas abajo y aguas arriba del rio Itapalluni, la fuente de agua monitoreado fue en agua superficial, durante tres temporadas, por



lo que el valor promedio calculado para este parámetro fue de 2.40 mg/L, que es inferior al valor obtenido promedio del presente investigación de 143.33 mg/L, y mayor a lo establecido en los ECA - agua, para la categoría 3, el cual indica que debe ser 15 mg/L, el cual demuestra que la calidad del agua antes de la operación del relleno sanitario era de mejor calidad, posterior al funcionamiento del relleno sanitario, este parámetro ha sido afectado negativamente, no cumpliendo lo indicado por el ECA – agua, tal como señala (Espinosa Llorens, y otros, 2010) La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) sirve para determinar los requerimientos de oxígeno, para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas residuales, municipales e industriales, su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. Los valores obtenidos antes y después de la presencia del relleno sanitario, estas pueden variar en un mínimo porcentaje debido a que afectan factores como tipo de fuente de agua estudiado, ubicación del punto de muestreo, la distancia de muestreo y agentes externos e internos del cauce de evaluación.

Los resultados obtenidos por (Mego, *et al.* 2016) En época de estiaje, la concentración de la DBOs se incrementó, siendo el valor más elevado 15,3 mg/l, correspondiente a la estación E3, el mismo que sobrepasa los niveles permisibles establecidos (<10 mg/L), lo cual es similar a los resultados obtenidos en la presente investigación, esto es debido por la disposición inadecuada de los residuos sólidos en la ciudad de Chachapoyas lo cual afecta considerablemente la calidad de las aguas y valores obtenidos por (Montalvo, *et al.* 2018), quien determino valores de 424 mg/L, esto debido a la presencia del relleno sanitario, que los lixiviados generados determinan un alto grado de contaminación, así



mismo (Rojas Barreto, 2016), indica que el botadero de Cancharani afecta considerablemente en la contaminación de los fuentes de agua por los lixiviados generados de residuos sólidos obteniendo valores superiores al ECA de DBO_5 y DQO.

h. Discusión sobre los resultados del cálculo del ICA – PE

Los resultados de los ICA's de los seis (06) puntos de monitoreo de aguas subsuperficiales, son representados mediante una escala de colores (tabla 09) en donde los puntos de monitoreo y su correspondiente resultado se muestran en la tabla 23, por lo que, realizado el promedio del ICA, de los seis (06) puntos de muestreo con frecuencia de 2 monitoreos se ha calculado el valor de $ICA = 49.63\%$, y según los índices de calidad de agua ICA, nos muestra que la calidad del agua es calificada como REGULAR.

En relación a la influencia del relleno sanitario en calidad de aguas subsuperficiales nuestro proyecto de investigación debemos mencionar que de los ensayos y monitoreos realizados sobre la calidad de aguas superficiales del sector Itapalluni, en septiembre noviembre y diciembre del año 2018 por laboratorio de ensayos acreditado por INACAL, V&S LAB, antes de la etapa de operación del relleno sanitario, según el cálculo del ICA-PE, se ha obtenido un valor de 99.67% el cual es calificada como una calidad de agua EXCELENTE, lo que no permite deducir que antes de la existencia del relleno sanitario los parámetros físico químicos no estuvieron de mala calidad, sin embargo a realización de la presente investigación se determina que la calidad de agua es regular, afectado principalmente los parámetros como DBO_5 , DQO y oxígeno disuelto, para lo cual se ha determinado que hay un influencia del relleno sanitario principalmente de



los lixiviados en un 49.79%, afectación que es de consideración para la bebida de animales del sector Itapalluni.

Se alcanza como resultado que el relleno sanitario y la generación de lixiviados viene alterando la calidad de las aguas del subsuperficiales, con un grado de contaminación REGULAR, y con una influencia del 49.79%.

Según el artículo realizado en contaminación fisicoquímica de acuíferos por los lixiviados generados del relleno sanitario el Carrasco, de Bucaramanga, ha determinado que en las concentraciones de los parámetros físico-químicos analizados en el agua subterránea de los pozos se evidencia que algunos parámetros se encuentran dentro de los rangos establecidos por la norma; sin embargo, para el arsénico generan especial preocupación, ya que este puede generar intoxicación gradual en un lapso de 5 a 20 años que resulta en cánceres de la piel, la vejiga y los riñones, entre otras enfermedades, según (Niño Carvajal y Ramón Valencia, 2016) debido a la presencia de lixiviados generados de un relleno sanitario.

Los resultados obtenidos son similares de la investigación realizada en contaminación del agua superficial por lixiviados de un relleno sanitario, en donde concluye que los lixiviados de un relleno sanitario generan un alto grado de contaminación al infiltrarse en el suelo estos alteran física y químicamente la calidad del agua subterránea y posteriormente al agua superficial la cual es consumida por la población aledaña y animales, el grado de contaminación de los lixiviados producidos en un relleno sanitario es muy alto puesto que al infiltrarse en las capas del suelo y entrar en contacto con el agua se alteran los parámetros químicos de NO₃, Pb, aumento de cloruros, Mn, Fe, DQO, DBO, además de la



fuerte acumulación de metales pesados como (Cr, Ni, Zn, As, Ba, y Pb) debido a las limitadas concentraciones aeróbicas estos superan los límites de la legislación de la NOM y la US EPA, según (Montalvo Quiroz, 2018).

De la investigación realizada sobre el tema en 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, 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, según (Lazo Arévalo, 2017).

Los niveles de concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua del área de conservación humedales de Ventanilla (oxígeno disuelto y pH en la mayoría de las estaciones de muestreo se encuentran dentro de los valores admisibles por los estándares nacionales de calidad ambiental para la categoría 4 (conservación del ambiente acuático), permitiendo el desarrollo de microorganismos acuáticos y la disponibilidad de alimento para las aves, observándose la presencia de peces en los diversos canales y espejo de agua del humedal, resultados que fueron obtenidos en la investigación de evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el área de conservación regional humedales de Ventanilla, región Callao, Perú por (Fajardo Vidal, 2018).

De la investigación realizada en variabilidad espacio-temporal de la calidad del agua subterránea en el valle de Lurín, la calidad del agua subterránea en el valle de Lurín se encuentra asociado al comportamiento de los parámetros



hidrogeoquímicos durante el periodo del 2001 al 2013. A nivel espacial y temporal, se determinó que, en el distrito de Lurín, la calidad del agua fue baja debido a que ciertos parámetros sobrepasaban el ECA doméstico y de riego, a diferencia de Pachacamac según (Carita Tapia, 2017).

Los resultados obtenidos por (Mego, *et al.* 2016) a través de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, tanto in situ como en laboratorio, demuestran que la disposición inadecuada de los residuos sólidos de la ciudad de Chachapoyas impacta considerablemente en la calidad del agua de la quebrada "El Atajo" durante las dos épocas de estudio, viéndose reflejado en las bajas concentraciones de oxígeno disuelto y altas concentraciones de sólidos suspendidos totales, elevada demanda bioquímica de oxígeno, y valores altos de coliformes totales y fecales, en comparación a la presente investigación es similar los resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos por (Espinoza Hernández, 2019) es similar a la presente investigación, en el cual se determinó que el índice de calidad ambiental del agua subterránea del centro poblado de Chanchajalla es MALA, esto define que la alteración de los parámetros mencionados es directamente por la presencia del relleno sanitario (lixiviados) el presente estudio es similar y que también se encontró valores muy similares que son afectados por relleno sanitario.

Los resultados obtenidos por (Calsin Ramírez, 2016) son diferentes a la presente investigación sobre los parámetros físicos de aguas de pozos artesanales y tubulares: temperatura, sólidos totales disueltos y turbiedad de acuerdo a los resultados encontrados no exceden los LMP emitidos por el DS N° 031-2010-SA. Esto indicaría que las aguas de pozos son aptas para consumo humano, sin



embargo, sobre los parámetros químicos de aguas de pozos artesanales y tubulares son similares: pH, nitratos y cloruros; de acuerdo a los resultados encontrados no exceden los LMP emitidos por el reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA. Esto indicaría que las aguas de pozos son aptas para consumo humano.

Según estudio realizado por (Rojas Barreto, 2016), indica que el botaderos de Cancharani viene alterando y contaminando los fuentes de agua por la presencia de lixiviados de residuos sólidos, en el cual se demuestra que los valores de sólidos disueltos totales, fósforo total, nitrógeno amoniacal, DBO5 y la DQO, se obtienen valores superiores a los límites máximos permisibles y ECAs – agua, por lo que los lixiviados de un relleno sanitario afecta determinadamente en elevar los valores de DBO5 y DQO, así como reducir los valores de oxígeno disuelto.



V. CONCLUSIONES

Se concluye con la aceptación de la hipótesis planteada del trabajo de investigación, que el relleno sanitario influye en la contaminación de las aguas subsuperficiales en el sector Itapalluni del distrito de Puno; se concluye:

- Se determinó que el índice de calidad ambiental del agua subsuperficial de la zona de influencia directa de los cursos fluviales y humedales, que está por debajo del relleno sanitario del sector Itapalluni del distrito de Puno, realizado el cálculo de procedimiento ICA, se determinó que se encuentra con una calificación cualitativa de 49.63 calificado agua de calidad REGULAR, La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas, para el uso en la categoría 3 de la sub categoría D2 bebida de animales, el cual es la actividad que predomina en la zona del sector Itapalluni, para este uso necesita tratamiento, en vista que no cumple los ECAs – agua, debido a que puede producir algunas enfermedades como diarreas, mastitis, abortos, infecciones podales, problemas reproductivos, dificultad de crecimiento, mortalidad de lechones, lo cual puede afectar directamente en la economía familiar de la zona.
- De la comparación realizada de los resultados de parámetros físico químicos de aguas de subsuperficiales evaluadas en el sector Itapalluni. se determinó que algunos parámetros están dentro de los Estándares de Calidad Ambiental ECAs – agua, aprobado mediante decreto supremo D.S. N°004 – 2017 MINAM, para la categoría 3 de la sub categoría D2, de los cuales tenemos el pH tiene un promedio de 7.05 unidad de pH, la conductividad tiene un promedio de 44.00 $\mu\text{S}/\text{cm}.$, la temperatura tiene un promedio de 17.98°C, la concentración promedio en nitratos de 20.86 mg/l, los nitritos se determinó un valor promedio de 0.09 mg/l, esto hace que aparentemente pueden ser consumidas por los animales de la zona, sin embargo los



parámetros que mayor incidencia tienen sobre calidad de las aguas hacen que estas aguas se encuentren regularmente contaminada.

- Como se indica que de los resultados de parámetros físico químicos de aguas de subsuperficiales evaluadas en el sector Itapalluni. se determinó que algunos parámetros que no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental ECAs – agua, aprobado mediante decreto supremo D.S. N°004 – 2017 MINAM, para la categoría 3 de la sub categoría D2, como es el oxígeno disuelto se determinó un valor promedio de 3.37 mg/l, que está por debajo del mínimo según ECA, la concentración promedio de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 143.33 mg/L, una concentración promedio de demanda química de oxígeno (DQO) de 236.00 mg/L, el color se ha calificado como material pigmentado, el olor se ha determinado como Pítrico, que es típico de rellenos sanitarios, estés parámetros se encuentra fuera de los de los Estándares de calidad ambiental para la categoría 3 de la sub categoría D2.
- La calidad del agua subsuperficial en la zona de influencia del cauce fluvial y humedal de la zona estudiada parte baja del relleno sanitario del sector Itapalluni del distrito Puno, la variación de la contaminación respecto al índice de la calidad del agua ICA, es moderadamente variable a nivel de la distancia entre el punto de vertimiento y los puntos de evaluación, en donde se determinó que la calidad del agua es regularmente mala, en los seis (06) puntos de muestreo con una frecuencia de dos (02) muestreos, por lo que el cálculo del ICA ha definido el nivel del grado de contaminación existente en la zona, el valor más bajos se encontró en PM04, según la topografía del suelo este punto se encuentra dentro del cauce fluvial, esto hace que la contaminación en ese punto sea mayor a diferencia de los de más puntos de monitoreo que se encuentran regularmente alejados del cauce fluvial, pero si se encuentran e dirección de flujo según plano adjunto en el anexo D.



- Los resultados obtenidos a través de los parámetros de análisis fisicoquímicos, tanto in situ como en laboratorio, demuestran que la disposición y manejo inadecuado de los lixiviados en la temporada de lluvias del año 2021, en cual se tuvo el derrame de este contaminante en el relleno sanitario del sector Itapalluni del distrito de Puno, afecto considerablemente en la calidad del agua subsuperficiales de la zona de influencia del sector Itapalluni, viéndose reflejado que hay parámetros fisicoquímicos que sobrepasan el ECA, con bajas concentraciones de oxígeno disuelto, con elevada concentración de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), elevada demanda química de oxígeno (DQO), además de la relación realizada entre la DBO/ DQO, nos permite definir que la concentración es materia orgánica fácilmente removible por acción bacteriana y oxigenación adecuada (Relación DBO/DQO > 0,6). Para el uso en la categoría 3 del ECA - agua.
- Para determinar la influencia del relleno sanitario en la calidad de las aguas subsuperficiales se ha realizado la comparación de algunos parámetros con estudios realizados antes de la operación del relleno sanitario, mostrando la alteración de los parámetros físico químicos como DBO₅, DQO y oxígeno disuelto, donde la calidad del agua subsuperficial se encuentre regularmente contaminada, además el valor del ICA – PE, tuvo como resultado de 99.67 unidades entonces la calificación de la calidad del agua antes de la operación del relleno sanitario se consideraba excelente, a comparación en la presente investigación se determina que la calidad del agua es regularmente contaminada con un valor de 49.63, considerando que la operación ineficiente y el derrame de lixiviados del relleno sanitario afectó en un 49.74%.
- Los lixiviados del relleno sanitario del sector Itapalluni del distrito de Puno, si influyen en la calidad de las aguas subsuperficiales del cauce fluvial y humedales para la bebida de animales, el cual es la actividad que mayor incidencia tiene en la



categoría 3 del ECA – agua, y esto puede afectar directamente en la economía de la población del sector Itapalluni y toda el área de influencia directa e indirecta.



VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un monitoreo constante de los parámetros físico-químico y bacteriológicos de agua subsuperficiales así como subterráneos para la categoría 3 de los estándares de calidad ambiental, a fin de que no afecte a la población de animales mayores y menores por el consumo de estos líquidos elementales para el desarrollo y crecimiento de los animales que son la economía fundamental para la población del sector Itapalluni.

Se recomienda a las Autoridades locales, entidades competentes realizar charlas sobre el adecuado manejo y operación de residuos sólidos y lixiviados en un relleno sanitario, al personal técnico y personal que opera en el relleno sanitario del sector Itapalluni de la ciudad de Puno a fin de no generar puntos de vertimiento que puedan causar la contaminación de agua y suelo.

Se recomienda a las autoridades locales, autoridades gubernamentales y al personal técnico que opera el relleno sanitario, identificar los puntos críticos por el cual se puede estar generando los focos contaminantes por derrame de lixiviados, a fin de realizar las correcciones del sistema de relleno sanitario y sistema de recirculación de lixiviados.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. (2016). *Metodología para la determinación del índice de calidad de agua de los recursos hídricos superficiales en el Perú ICA-PE*. (A. N. Agua, Ed.)
- Cabrera Anahua, S. (2017). Determinación del nivel de vulnerabilidad a la contaminación del acuífero del Centro Poblado de Jayllihuaya – Puno, por el Método GOD, 2017. (*Tesis de Pregrado*). (Universidad Nacional del Altiplano - Puno), Puno - Perú.
- Calsín Ramírez , K. V. (2016). Calidad física, química y bacteriológica de aguas Subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi III de la ciudad de Juliaca, Puno – 2016. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Nacional del Altiplano - Puno, Puno - Perú.
- Carita Tapia, G. V. (2017). Evaluar la variabilidad en el espacio y el tiempo de la calidad del agua subterránea con fines de uso doméstico y de riego en el valle de Lurín. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima - Peru.
- Chura Iscarra, L. (2015). Evaluación de agua subterránea a través de pozos con fines de riego en la comunidad de Quenapajja – Acora. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Nacional del Altiplano - Puno, Puno - Perú.
- Collazos Peñaloza, h. (2008). Diseño y operación de rellenos sanitarios. Bogota.
- Comunitat Valencia. (2022). *El ciclo del agua*. Recuperado el 2023, de https://agroambient.gva.es/estatico/areas/educacion/educacion_ambiental/educ/publicaciones/ciclo_del_agua/cicag/2/2_5_1/index.html
- Contexto Ganadero. (2022). *Enfermedades que provoca la ingesta de agua contaminada en bovinos*. Obtenido de <https://www.contextoganadero.com/ganaderia->



sostenible/enfermedades-que-provoca-la-ingesta-de-agua-contaminada-en-
bovinos

de León Gómez, H., Cruz Vega, C., Davíla Porcel, R. A., Velasco Tapia, F., & Chapa Guerrero, J. (2015). Impacto del lixiviado generado en el relleno sanitario municipal de Linares Nuevo León sobre la calidad del agua superficial y subterránea. (*Artículo Científico*), 1-15.

DIGESA, D. G. (2018). Diseño de Rellenos Sanitarios.

Espinosa Llorens, M., López, M., Pellon, A., Robert, M., Diaz, S., Gonzales, A., . . . Fernandez, A. (2010). análisis del comportamiento de los lixiviados generados en un vertedero de residuos sólidos municipales de la ciudad de la Habana. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 26, 13. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992010000400006#:~:text=La%20materia%20org%C3%A1nica%20de%20los,y%20genera%20procesos%20de%20eutrofizaci%C3%B3n.

Espinosa, A., & Gonsales, A. (2001). Falla del Relleno Sanitarios Doña Juana. Bogota.

Espinoza Hernandez, P. d. (2019). Determinación del índice de calidad ambiental de las aguas destinadas a consumo humano en el sector de Chanchajalla, distrito la Tinguña, Ica - 2019. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Privada del Norte, Cajamarca - Perú.

Fajardo Vidal, N. S. (2018). Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, región Callao, Perú. (*Tesis de Maestría*). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima_Perú.



- FAO. (2016). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- GEOINNOVA. (19 de mayo de 2016). *Fertilizantes con nitrógeno y sus impactos ambientales*. Recuperado el 17 de junio de 2023, de Asociación Geoinnova:
<https://geoinnova.org/blog-territorio/nitrogeno/>
- GLOSBE. (2023). *Interflujo*. Obtenido de <https://es.glosbe.com/es/es/interflujo>
- Gomes Vasquez, E. (2018). Afectaciones ambientales de los lixiviados generados en los rellenos sanitarios sobre el recurso agua. Bucaramanga.
- Gómez Vargas, J. S., Gonzales Velásquez, E. D., & Morales Pérez, I. D. (2018). Percolación de lixiviados y contaminación de aguas subterráneas. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia.
- Huarcaya Quispe, R. D. (2018). Identificar los niveles de concentración de metales pesados presentes en las aguas provenientes de la rampa San Marcelo – Cia de minas Sillustani S.A. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Nacional del Altiplano - Puno, Puno - Peru.
- IAEA. (s.f.). *hidrogeología y Propiedades de los Acuíferos*. Recuperado el 2023, de <https://www-naweb.iaea.org/napc/ih/documents/LIBRO%20ISOTOPOS/PDF%20Isotopos-IV/Seccion%20IV-%201.pdf>
- IAGUA. (2016). *Calidad de Agua*. Recuperado el 2023, de Tipos de contaminantes del agua: <https://www.iagua.es/respuestas/tipos-contaminantes-agua>
- INEI. (2012). IV Censo Nacional Agropecuario 2012.



- Infante Castillo, P. D. (2018). Evaluación de la contaminación por lixiviados en zonas aledañas al botadero de Zambiza mediante métodos geofísicos. (*Tesis de Pregrado*). Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas Quito, Ecuador.
- INNCIVE ARTELIA. (2010). Proyecto de desarrollo de sistema de gestios residuos solidos urbanos en las zonas prioritarias.
- Jhesibel Chavez, J. M., Damaris Leiva, J. P., & Oliva Cruz, M. (2016). Impacto en la calidad del agua de la quebrada "el Atajo" ocasionado por el botadero de rondón de la Ciudad de Chachapoyas, Amazonas, Perú. *Articulo Original*, 1-8.
- Lazo Arevalo, M. (2017). 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. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa - Peru.
- Llamas M., R., & Custodio, E. (2004). uso intensivo de las aguas subterráneas: una nueva situación que exige una acción proactiva.
- Mamani Vilcapaza, E. (2012). *Propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Subterránea*. Lima - Peru: Dirección General de calidad ambiental.
- MINAM. (2017). Estandares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua ECA.
- MINAN. (2017). *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Estandares de Calidad Ambiental ECAs*.
- Montalvo Quiroz, J. S., & Quispe Becerra, M. (2018). Contaminación del agua superficial por lixiviados de un relleno sanitario. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Privada del Norte, Cajamarca - Perú.



- Niño Carbajal, L. X., Ramón Valencia, J. A., & Ramón Valencia, J. L. (2016). Contaminación fisicoquímica de acuíferos por los lixiviados generados del relleno sanitario El Carrasco, de Bucaramanga. (*Artículo Original*), 1-9.
- Noguera, K., & Olivero, J. (2010). Los rellenos sanitarios en Latinoamérica.
- OEFA, O. d. (2014). Los residuos sólidos difícil de controlar .
- OMS, O. (2006). *Estandares y Valor para aguas superficiales*. Lima.
- Panca Mamani, E. (2021). Diagnóstico del impacto por la existencia de letrinas en la calidad del agua subterránea para el consumo humano en los barrios 15 de Agosto y San Salvador del Distrito de Juliaca, San Román-Puno. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Nacional del Altiplano - Puno, Puno - Perú.
- Poma de Ayala, C. (2008). Salvemos el Huatanay una prioridad para la vida en el valle del cusco. Cusco.
- Portal Veterinaria. (2009). *Calidad de agua en vacuno de carne*. Obtenido de <https://www.portalveterinaria.com/rumiantes/articulos/139/calidad-de-agua-en-vacuno-de-carne.html>
- Puno, M. P. (2015). *Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Del Distrito de Puno*. Puno.
- Quintero Ramírez, A., Valencia González, Y., & Lara Valencia, L. (2017). Efecto de los lixiviados de residuos sólidos en un suelo tropical. (*Artículo Científico*), 84, 1-14.
- Quispe Roman , R. d., & Salas Ventura, S. M. (2017). Variación del índice de calidad de agua y biota acuática por la presencia de lixiviados en el río de Jaquira - Cusco.



- Renou, S., Givaudan, J., Poulain, S., & Dirassouyan, F. (2008). Lixiviados de vertedero, tratamiento de materiales peligrosas.
- Ríos Tobón, S., Agudelo Cadavid, R., & Gutiérrez Builes, L. (2017). Patógenos Microbianos e Indicadores Microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista de la Facultad Nacional de Salud Pública*.
- Rojas Albitres, R. (2019). Impactos del botadero de residuos sólidos de la ciudad de Guadalupe en la calidad ambiental del área de influencia.
- Rojas Barreto, M. (2016). Evaluación de la calidad físico química de las fuentes de agua vertidos con lixiviados del botadero de residuos sólidos y sus efectos en la salud pública de la población de la zona periférica del botadero de Cancharani - Puno. Puno, Puno, Peru.
- Rothschuh Osorio, U. (2022). *Qué son las aguas superficiales: definición y ejemplos*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-aguas-superficiales-definicion-y-ejemplos-3944.html>
- Sánchez San Román, F. (2017). Hidrología Superficial y Subterránea. En F. J. Sánchez San Román, *Clasificación de las formaciones geológicas según su comportamiento hidrogeológico*. España: Spanish Edition.
- Sánchez San Román, F. J. (2022). Hidrología superficial y subterránea. En *El Ciclo Hidrológico*. España: 2ª edición. Obtenido de <https://hidrologia.usal.es/>
- Sanchez San Roman, J. F. (2012). Transporte de Contaminantes. España. Obtenido de https://hidrologia.usal.es/temas/Transporte_de_contaminantes.pdf



- SCRIBD. (2019). *Captacion de Aguas Subsuperficiales*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/440421251/Captacion-de-aguas-subsuperficiales#>
- SEMARNAT. (2001). <http://www.semarnat.gob.mx/leyes-y-normas/nom-suelos>. Obtenido de NOMS en material de suelos: [ttp://www.semarnat.gob.mx/leyes-y-normas/nom-suelos](http://www.semarnat.gob.mx/leyes-y-normas/nom-suelos)
- Silva, I. J. (2015). Análisis de estadísticas del INEGI sobre residuos sólidos urbanos.
- SINIA MINAM. (2008). *LEY 27314 Ley General de Residuos Solidos*.
- Tapia Alarcon , J. (2017). Dimensionamiento de un relleno sanitario para los residuos solidos municipales en el distrito de Paucarpata - provincia y region de Arequipa. Arequipa Peru.
- Ticona Carrizales, L., & Apaza Panca, C. M. (2020). Evaluación del impacto de la contaminación de los residuos sólidos sobre suelo y agua del botadero sanitario de Cancharani Puno.
- Torres Quispe, N. E. (2018). Evaluación de la concentración de metales pesados como As, Cu, Cd, Hg y Pb en el botadero de Cancharani de la Ciudad de Puno. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Nacional del Altiplano - Puno, Puno - Peru.
- Vasquez, E. I. (2018). Informe What a Waste 2.0.
- Weather Spark. (2023). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Puno*. Recuperado el 09 de julio de julio de 2023, de <https://es.weatherspark.com/y/26593/Clima-promedio-en-Puno-Per%C3%BA-durante-todo-el->



ANEXOS



ANEXO A

FORMATOS EMPLEADOS PARA EL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE CAMPO



ETIQUETA PARA TOMA DE MUESTRAS DE CAMPO

N° Estación de Muestra: _____	
Código de Muestra: _____	
LABORATORIO FISICO - QUIMICO	
Solicitante/Programa: _____	
Origen de la Fuente: _____	Punto de Muestreo: _____
COORDENADAS UTM: ESTE: _____	
NORTE: _____	
ALTITUD: _____	
Localidad: _____	Fecha y Hora d Muestreo: _____
Distrito: _____	Fecha y Hora de llegada Lab.: _____
Provincia: _____	Cantidad de Muestra: _____
Departamento: _____	Muestreador: _____
Profundidad de Muestreo: _____	Medición de Campo: _____
Apariencia de Muestra: _____	
Preservada: S <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> NO	Aguas: _____ Solidos: _____ Otros: _____
Observaciones/Parámetros: _____	



ANEXO B

PANEL FOTOGRAFICO

ZONA DE INFLUENCIA RR.SS. ITAPALLUNI – PUNO – DERRAME DE LIXIVIADOS



Foto 01. Derrame de lixiviados por rebose en la poza de bombeo para recirculación de lixiviados.



Foto 02. Derrame de lixiviados por rebose en la poza de almacenamiento de lixiviados.



Foto 03. Filtración de lixiviados en la caja de inspección de evacuación de aguas pluviales.



Foto 04. Se verifica chorros de lixiviado en las afueras de la caja de pluviales y recirculación de lixiviados.



Foto 05. Descenso del nivel de lixiviados en la poza de almacenamiento de lixiviados por fuga en algún punto.

ZONA DE INFLUENCIA RR.SS. ITAPALLUNI – PUNO - TOMA DE MUESTRAS



Foto 06. Toma de muestra del PM-01



Foto 07. Calicata N° 02 del PM-02, para muestreo.



Foto 08. Calicata N° 03 del PM-03, para muestreo.



Foto 09. Calicata N° 04 del PM-04, muestreo de agua subsuperficial.



Foto 10. Calicata N° 04 del PM-04, muestreo de agua subsuperficial.



Foto 11. Calicata N° 05 del PM-05, toma de muestra de agua subsuperficial.



Foto 12. Calicata N° 06 del PM-06, toma de muestra de agua subsuperficial.



Foto 13. Calicata N° 06 del PM-06, medición de temperatura en in-situ.



Foto 14. Calicata N° 04 del PM-04, toma de muestra de agua subsuperficial segunda fecha.



Foto 15. Calicata N° 03 del PM-03, toma de muestra de agua subsuperficial segunda fecha.



ANEXO C

CUADROS DE CALCULOS

FORMATO ICA-PE: Cálculo del Índice de Calidad del Agua- Método CCME (Determinación de la Frecuencia F1, F2, F3 y ICA-PE)																
Cálculo de la Frecuencia e ICA-PE para seis (06) Datos de 02 monitoreos por punto de monitoreo en la zona de influencia por debajo del Relleno Sanitario del Sector Itapallumi del Distrito de Puno.																
PUNTOS DE MONITOREO		PUNTO DE MUESTREO 01		PUNTO DE MUESTREO 02		PUNTO DE MUESTREO 03		PUNTO DE MUESTREO 04		PUNTO DE MUESTREO 05		PUNTO DE MUESTREO 06				
		16-jun-21	03-nov-21	16-jun-21	03-nov-21	16-jun-21	03-nov-21	16-jun-21	03-nov-21	16-jun-21	03-nov-21	16-jun-21	03-nov-21			
Parámetros a Evaluar - CCME_ WQI	Unidad	ECA Cat-3-D2	6.5	8.4	7.11	6.627	7.254	6.57	7.186	6.875	7.167	6.947	6.638	8.4		
	Conductividad Eléctrica C.E.		5000	0.388	116.1	0.211	92.4	24.8	0.288	61.1	0.236	58	0.229	97.1	101.8	
	Nitratos		100	24.8	18.6	24.8	24.8	24.8	18.6	18.6	22.6	18.6	34.1	12.4	12.4	
	Nitritos		10	0.093	0.093	0.09	0.09	0.09	0.093	0.093	0.098	0.098	0.099	0.099	0.05	
	Oxígeno Disuelto		5	3.4	2.7	3.2	2.4	2.4	3.6	3.1	4	3.5	3.6	3.3	3.8	
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)		15	180	160	140	170	170	100	100	180	170	110	130	120	160
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)		40	242	240	220	200	200	220	200	260	240	230	260	260	260
	Número de Parámetros que NO cumplen (ECA)			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Número total de Parámetros a Evaluar			7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	Número de datos que NO cumplen (ECA)			6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Número total de datos			14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
FISICOS - QUIMICOS																
DATOS																

FORMATO ICA-PE: Cálculo del Índice de Calidad del Agua- Método CCME (Determinación de la Frecuencia F1, F2, F3 y ICA-PE)

Cálculo de la Frecuencia e ICA-PE para seis (06) Datos de 02 monitoreos por punto de monitoreo en la zona de influencia por debajo del Relleno Sanitario del Sector Itapalluni del Distrito de Puno.

PUNTOS DE MONITOREO		PUNTO DE MUESTRE 01	PUNTO DE MUESTRE 02	PUNTO DE MUESTRE 03	PUNTO DE MUESTRE 04	PUNTO DE MUESTRE 05	PUNTO DE MUESTRE 06
F1 - ALCANCE		0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
F2 - FRECUENCIA		0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
pH	--- 6.5 8.4						
Conductividad Eléctrica C.E.	5000						
Nitratos	mg/lit 100						
Nitritos	mg/lit 10						
Oxígeno Disuelto	mg/l >= 5	0.47	0.56	0.39	0.25	0.39	0.32
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/lit 15	11.00	8.33	5.67	11.00	6.33	7.00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/lit 40	5.05	4.50	4.00	5.50	4.75	5.50
SUMATORIA NORMALIZADA DE EXCEDENTES		2.29	2.06	1.49	2.32	1.80	2.02
F3 - AMPLITUD		69.59	67.30	59.81	69.90	64.24	66.90
INDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA-PE)		47.12	48.86	54.55	46.88	51.18	49.16
		REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR

CÁLCULO DE LOS FACTORES DEL ICA (CME, WQI) EXCEDENTES DE CADA PARÁMETRO EN CADA MONITOREO



**CUADRO DE RESULTADOS DEL CALCULO DEL ICA-PE POR PUNTO
DE MUESTREO Y PROMEDIO TOTAL**

MONITOREOS (06) PUNTOS - PARTE BAJA RRSS - ITAPALLUNI - PUNO				
Nro	PUNTO	CUERPO DE AGUA	RESULTADOS ICA	
1	PM-01	Agua Subsuperficial	47.12	REGULAR
2	PM-02	Agua Subsuperficial	48.86	REGULAR
3	PM-03	Agua Subsuperficial	54.55	REGULAR
4	PM-04	Agua Subsuperficial	46.88	REGULAR
5	PM-05	Agua Subsuperficial	51.18	REGULAR
6	PM-06	Agua Subsuperficial	49.16	REGULAR
PROMEDIO=			49.63	REGULAR



FORMATO ICA-PE: Cálculo del Índice de Calidad del Agua- Método CCME (Determinación de la Frecuencia F1, F2, F3 y ICA-PE)									
Cálculo de la Frecuencia e ICA-PE para dos (02) Datos de 03 monitoreos por punto de monitoreo en aguas abajo y arriba del río Itapalluni, que se encuentra en la parte baja del Relleno Sanitario del Sector Itapalluni del Distrito de Puno, ANTES de la etapa de operación del relleno sanitario.									
PUNTOS DE MONITOREO			PUNTO DE MUESTREO AGUAS ARRIBA E-1			PUNTO DE MUESTREO AGUAS ABAJO E-2			
Parámetros a Evaluar - CCME_WQI	Unidad	ECA Cat-3-D2	08-sep-18	22-nov-18	21-dic-18	08-sep-18	22-nov-18	21-dic-18	
FISICOS - QUIMICOS	pH	---	6.5 8.4	6.17	6.92	6.2	6.5		
	Conductividad Eléctrica C.E.	uS/cm	5000	111.8	82.8	112.2	81.8		
	Nitratos	mg/lit	100	0.07		0.1			
	Nitritos	mg/lit	10	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	
	Oxígeno Disuelto	mg/l	>= 5	7.4	5.4	8.9	8.5	5.6	8.78
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/lit	15	3	2.1	2	3.3	2	2
DATOS	Número de Parámetros que NO cumplen (ECA)		1			1			
	Número total de Parámetros a Evaluar		6			6			
	Número de datos que NO cumplen (ECA)		1			1			
	Número total de datos		14			14			
CÁLCULO DE LOS FACTORES DEL ICA (CCME_WQI) EXCEDENTES DE CADA PARÁMETRO EN CADA	F1 - ALCANCE		0.17			0.17			
	F2 - FRECUENCIA		0.07			0.07			
	pH	---	6.5 8.4	0.05		0.05			
	Conductividad Eléctrica C.E.	uS/cm	5000						
	Nitratos	mg/lit	100						
	Nitritos	mg/lit	10						
	Oxígeno Disuelto	mg/l	>= 5						
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/lit	15						
	SUMATORIA NORMALIZADA DE EXCEDENTES		0.00			0.00			
	F3 - AMPLITUD		0.38			0.34			
INDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA-PE)			99.66			99.68			
			EXCELENTE			EXCELENTE			

CUADRO DE RESULTADOS DEL CALCULO DEL ICA-PE POR PUNTO DE MUESTREO Y PROMEDIO TOTAL ANTES DE OPERACIÓN DE RELLENO SANITARIO

MONITOREOS (02) PUNTOS - PARTE BAJA RRSS - ANTES DE OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO - ITAPALLUNI - PUNO			
Nro	PUNTO	CUERPO DE AGUA	RESULTADOS ICA
1	E-1	Agua superficial	99.66 EXCELENTE
2	E-2	Agua superficial	99.68 EXCELENTE
PROMEDIO=			99.67 EXCELENTE



ANEXO D -1

RESULTADOS DE

LABORATORIO DE LA

PRESENTE INVESTIGACIÓN



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

REPORTE DE ANALISIS DE AGUA

SOLICITANTE : Santos Estanislao Alberto Ramos
INTERESADO : Proyecto Influencia del relleno sanitario en la calidad de las aguas subterráneas en el sector Itapalluni del Distrito de Puno.
PROYECTO : Influencia del Relleno Sanitario en la Calidad de las Aguas Subterráneas en el Sector Itapalluni del Distrito de Puno.
DIRECCION :
PROCEDENCIA : Puno.
LUGAR :
MUESTRA : Agua.
N° MUESTRAS : 01.
TIPO DE ANALISIS : Varios.
FECHA DE RECEPCIÓN : 16 de Junio del 2021.
FECHA DE CERTIFICACIÓN : 22 de Junio del 2021.
MUESTREO : Interesado.

Clave Laboratorio	I
Clave Usuario	PUNTO N°01
DBO ₅ mg/Lit	180.00
DQO mg/Lit	242.00
Nitratos mg/Lit	24.80
Nitritos mg/Lit	0.093
pH	7.111
C.E. mmhos/cm	0.388
Temperatura °C	15.80
Oxígeno Disuelto mg/l	3.40
STD mg/l	637.00
Nitrogeno mg/l	1.80
Fosforo mg/l	0.75
Turbidez UNT	5.90
Sólidos Totales en Suspensión mg/l	93.00
Aspecto:	
Sabor	
Color	Material pigmentada
Olor	Picrico

Métodos utilizados en el Laboratorio:

- 1.- Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpresión, Octubre 1988. 195p.
- 2.- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. version 3.0 Washington DC, USA, 693p.
- 3.-Manual de Técnicas Analíticas para la Determinación Físico Químicas y Contaminantes Marinos (Aguas, Sedimentos y Organismos), 2003 148 pág. Programa Calidad Ambiental Marina –CAM. Determinación de pH Potenciometro Calomelano (electrodos de vidrio). Determinación de Conductividad Eléctrica Conductimetro de tres anillos. Determinación de SDT Electrométrico. Determinación de DBO₅ Oxitop. Determinación de DQO método de reflujo con Dicromato

Conclusiones:

La muestra analizada de Agua CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).

La Rinconada Salcedo S/N°-Puno
T: (051) 363 812
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe



INIA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANIHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO



BICENTENARIO
PERÚ 2021



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

REPORTE DE ANALISIS DE AGUA

SOLICITANTE : Santos Estanislao Alberto Ramos
INTERESADO : Proyecto Influencia del relleno sanitario en la
calidad de las aguas subterráneas n el sector Itañalluni
del Distrito de Puno.
PROYECTO : Influencia del Relleno Sanoitario en la Calidad de las
Aguas Subterráneas en el Sector Italluni del Distrito de
Puno.
DIRECCION :
PROCEDENCIA : Puno.
LUGAR :
MUESTRA : Agua.
N° MUESTRAS : 01.
TIPO DE ANALISIS : Varios.
FECHA DE RECEPCIÓN : 16 de Junio del 2021.
FECHA DE CERTIFICACIÓN : 22 de Junio d el 2021.
MUESTREO : Interesado.

Clave Laboratorio	II
Clave Usuario	PUNTO N°02
DBO ₅ mg/Lit	140.0
DQO mg/Lit	220.00
Nitratos mg/Lit	24.80
Nitritos mg/Lit	0.090
pH	7.254
C.E. mmhos/cm	0.211
Temperatura °C	16.10
Oxígeno Disuelto mg/l	3.20
STD mg/l	153.00
Nitrogeno mg/l	1.43
Fosforo mg/l	0.75
Turbidez UNT	5.80
Sólidos Totales en Suspensión mg/l	90.00
Aspecto:	
Sabor	
Color	Material pigmentada
Olor	Picrico

Métodos utilizados en el Laboratorio:

- 1.- Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpression, Octubre 1988. 195p.
 - 2.- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. version 3.0 Washington DC, USA, 693p.
 - 3.-Manual de Técnicas Analíticas para la Determinación Físico Químicas y Contaminantes Marinos (Aguas, Sedimentos y Organismos), 2003 148 pág. Programa Calidad Ambiental Marina –CAM.
- Determinación de pH Potenciómetro Calomelano (electrodos de vidrio).
Determinación de Conductividad Electrica Conductímetro de tres anillos.
Determinación de SDT Electrométrico.
Determinación de DBO₅ Oxitop
Determinación de DQO método de reflujo con Dicromato

Conclusiones:

La muestra analizada de Agua CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).

La Rinconada Salcedo S/N°-Puno
T: (051) 363 812
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe



INIA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANIHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO



BICENTENARIO
PERÚ 2021



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

REPORTE DE ANALISIS DE AGUA

SOLICITANTE : Santos Estanislao Alberto Ramos
INTERESADO : Proyecto Influencia del relleno sanitario en la calidad de las aguas subterráneas en el sector Itapalluni del Distrito de Puno.
PROYECTO : Influencia del Relleno Sanitario en la Calidad de las Aguas Subterráneas en el Sector Itapalluni del Distrito de Puno.
DIRECCION :
PROCEDENCIA : Puno.
LUGAR :
MUESTRA : Agua.
N° MUESTRAS : 01.
TIPO DE ANALISIS : Varios.
FECHA DE RECEPCIÓN : 16 de Junio del 2021.
FECHA DE CERTIFICACIÓN : 22 de Junio del 2021.
MUESTREO : Interesado.

Clave Laboratorio	III
Clave Usuario	PUNTO N°03
DBO ₅ mg/Lit	100.0
DQO mg/Lit	200.00
Nitratos mg/Lit	18.60
Nitritos mg/Lit	0.093
pH	7.186
C.E. mmhos/cm	0.288
Temperatura °C	16.30
Oxígeno Disuelto mg/l	3.60
STD mg/l	208.00
Nitrogeno mg/l	1.62
Fosforo mg/l	0.73
Turbidez UNT	5.40
Solidos Totales en Suspensión mg/l	96.00
Aspecto:	
Sabor	
Color	Material pigmentada
Olor	Picrico

Métodos utilizados en el Laboratorio:

- 1.- Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpresión, Octubre 1988. 195p.
- 2.- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. version 3.0 Washington DC, USA, 693p.
- 3.-Manual de Técnicas Analíticas para la Determinación Físico Químicas y Contaminantes Marinos (Aguas, Sedimentos y Organismos), 2003 148 pág. Programa Calidad Ambiental Marina –CAM. Determinación de pH Potenciómetro Calomelano (electrodos de vidrio). Determinación de Conductividad Eléctrica Conductímetro de tres anillos. Determinación de SDT Electrométrico. Determinación de DBO₅ Oxitop. Determinación de DQO método de reflujos con Dicromato

Conclusiones:

La muestra analizada de Agua CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).

La Rinconada Salcedo S/N°-Puno
T: (051) 363 812
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe



INIA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANIHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO



BICENTENARIO
PERÚ 2021



REPORTE DE ANALISIS DE AGUA

SOLICITANTE : Santos Estanislao Alberto Ramos
INTERESADO : Proyecto Influencia del relleno sanitario en la calidad de las aguas subterráneas n el sector Itapalluni del Distrito de Puno.
PROYECTO : Influencia del Relleno Sanitario en la Calidad de las Aguas Subterranas en el Sector Italluni del Distrito de Puno.
DIRECCION :
PROCEDENCIA : Puno.
LUGAR :
MUESTRA : Agua.
N° MUESTRAS : 01.
TIPO DE ANALISIS : Varios.
FECHA DE RECEPCIÓN : 16 de Junio del 2021.
FECHA DE CERTIFICACIÓN : 22 de Junio d el 2021.
MUESTREO : Interesado.

Clave Laboratorio	IV
Clave Usuario	PUNTO N°04
DBO ₅ mg/Lit	180.00
DQO mg/Lit	260.00
Nitratos mg/Lit	22.60
Nitritos mg/Lit	0.098
pH	7.167
C.E. mmhos/cm	0.236
Temperatura °C	15.80
Oxigeno Disuelto mg/l	4.00
STD mg/l	169.00
Nitrogeno mg/l	1.00
Fosforo mg/l	0.70
Turbidez UNT	5.10
Solidos Totales en Suspensión mg/l	90.00
Aspecto:	
Sabor	
Color	Material pigmentada
Olor	Picrico

Métodos utilizados en el Laboratorio:

1. - Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpresión, Octubre 1988. 195p.
 2. - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. version 3.0 Washington DC, USA, 693p.
 3. -Manual de Técnicas Analíticas para la Determinación Físico Químicas y Contaminantes Marinos (Aguas, Sedimentos y Organismos), 2003 148 pág. Programa Calidad Ambiental Marina –CAM.
- Determinación de pH Potenciometro Calomelano (electrodos de vidrio).
Determinación de Conductividad Electrica Conductimetro de tres anillos.
Determinación de SDT Electrometrico.
Determinación de DBO5 Oxitop
Determinación de DQO método de reflujo con Dicromato

Conclusiones:

La muestra analizada de Agua CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).

La Rinconada Salcedo S/N*-Puno
T: (051) 363 812
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe



INIA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANIHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO



BICENTENARIO
PERÚ 2021



REPORTE DE ANALISIS DE AGUA

SOLICITANTE : Santos Estanislao Alberto Ramos
INTERESADO : Proyecto Influencia del relleno sanitario en la calidad de las aguas subterráneas n el sector Itapalluni del Distrito de Puno.
PROYECTO : Influencia del Relleno Sanoitario en la Calidad de las Aguas Subterranas en el Sector Italluni del Distrito de Puno.
DIRECCION :
PROCEDENCIA : Puno.
LUGAR :
MUESTRA : Agua.
N° MUESTRAS : 01.
TIPO DE ANALISIS : Varios.
FECHA DE RECEPCIÓN : 16 de Junio del 2021.
FECHA DE CERTIFICACIÓN : 22 de Junio d el 2021.
MUESTREO : Interesado.

Clave Laboratorio	V
Clave Usuario	PUNTO N°05
DBO ₅ mg/Lit	110.00
DQO mg/Lit	230.00
Nitratos mg/Lit	34.10
Nitritos mg/Lit	0.099
pH	6.691
C.E. mmhos/cm	0.229
Temperatura °C	15.80
Oxigeno Disuelto mg/l	3.60
STD mg/l	164.00
Nitrogeno mg/l	1.03
Fosforo mg/l	0.70
Turbidez UNT	5.13
Solidos Totales en Suspensión mg/l	90.00
Aspecto:	
Sabor	
Color	Material pigmentada
Olor	Picrico

Métodos utilizados en el Laboratorio:

- 1.- Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpression, Octubre 1988. 195p.
 - 2.- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. version 3.0 Washington DC, USA, 693p.
 - 3.-Manual de Técnicas Analíticas para la Determinación Físico Químicas y Contaminantes Marinos (Aguas, Sedimentos y Organismos), 2003 148 pág. Programa Calidad Ambiental Marina –CAM.
- Determinación de pH Potenciometro Calomelano (electrodos de vidrio).
Determinación de Conductividad Electrica Conductimetro de tres anillos.
Determinación de SDT Electrometrico.
Determinación de DBO₅ Oxitop
Determinación de DQO método de reflujo con Dicromato

Conclusiones:

La muestra analizada de Agua CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).

La Rinconada Salcedo S/N°-Puno
T: (051) 363 812
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe



INIA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANYHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO



BICENTENARIO
PERÚ 2021

REPORTE DE ANALISIS DE AGUA

SOLICITANTE : Santos Estanislao Alberto Ramos
INTERESADO : Proyecto Influencia del relleno sanitario en la
calidad de las aguas subterráneas n el sector
Itapalluni del Distrito de Puno.
PROYECTO : Influencia del Relleno Sanoitario en la Calidad de las
Aguas Subterranas en el Sector Italluni del Distrito de
Puno.
DIRECCION :
PROCEDENCIA : Puno.
LUGAR :
MUESTRA : Agua.
N° MUESTRAS : 06.
TIPO DE ANALISIS : Varios.
FECHA DE RECEPCIÓN : 16 de Junio del 2021.
FECHA DE CERTIFICACIÓN : 22 de Junio d el 2021.
MUESTREO : Interesado.

Clave Laboratorio	VI
Clave Usuario	PUNTO N°06
DBO ₅ mg/Lit	120.00
DQO mg/Lit	260.00
Nitratos mg/Lit	20.00
Nitritos mg/Lit	0.050
Ph	6.638
C.E. mmhos/cm	0.165
Temperatura °C	15.60
Oxigeno Disuelto mg/l	3.80
STD mg/l	119.00
Nitrogeno mg/l	1.00
Fosforo mg/l	0.75
Turbidez UNT	5.23
Solidos Totales en Suspensión mg/l	90.00
Aspecto:	
Sabor	
Color	Material pigmentada
Olor	Picrico

Métodos utilizados en el Laboratorio:

- 1.- Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpresión, Octubre 1988. 195p.
- 2.- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. version 3.0 Washington DC, USA, 693p.
- 3.-Manual de Técnicas Analíticas para la Determinación Físico Químicas y Contaminantes Marinos (Aguas, Sedimentos y Organismos), 2003 148 pág. Programa Calidad Ambiental Marina –CAM.
Determinación de pH Potenciómetro Calomelano (electrodos de vidrio).
Determinación de Conductividad Eléctrica Conductímetro de tres anillos.
Determinación de SDT Electrométrico.
Determinación de DBO₅ Oxítop
Determinación de DQO método de reflujó con Dicromato

Conclusiones:

La muestra analizada de Agua CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).

La Rinconada Salcedo S/N°-Puno
T: (051) 363 812
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe



INIA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANIHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO



BICENTENARIO
PERÚ 2021



REPORTE DE ANALISIS DE AGUA

SOLICITANTE : Santos Estanislao Alberto Ramos
INTERESADO : Proyecto Influencia del relleno sanitario en la
calidad de las aguas subterráneas en el sector
Itapalluni del Distrito de Puno.
DIRECCION :
PROCEDENCIA : Puno.
LUGAR :
MUESTRA : Agua.
N° MUESTRAS : 06.
TIPO DE ANALISIS : Varios.
FECHA DE RECEPCIÓN : 03 de Noviembre del 2021.
FECHA DE CERTIFICACIÓN : 19 de Noviembre del 2021.
MUESTREO : Interesado.

Clave Laboratorio	I
Clave Usuario	PUNTO N°01
DBO ₅ mg/Lit	160.00
DQO mg/Lit	240.00
Nitratos mg/Lit	18.60
Nitritos mg/Lit	0.093
pH	6.627
C.E. uS/cm	116.10
Temperatura °C	20.01
Oxigeno Disuelto mg/l	2.70
STD mg/l	82.80
Nitrogeno mg/l	1.93
Fosforo mg/l	0.70
Turbidez UNT	5.30
Solidos Totales en Suspensión mg/l	97.00
Aspecto:	Material pigmentada Picrico
Sabor	
Color	
Olor	

Métodos utilizados en el Laboratorio:

- 1.- Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpresión, Octubre 1988. 195p.
 - 2.- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. version 3.0 Washington DC, USA, 693p.
 - 3.-Manual de Técnicas Analíticas para la Determinación Físico Químicas y Contaminantes Marinos (Aguas, Sedimentos y Organismos), 2003 148 pág. Programa Calidad Ambiental Marina –CAM.
- Determinación de pH Potenciómetro Calomelano (electrodos de vidrio).
Determinación de Conductividad Eléctrica Conductímetro de tres anillos.
Determinación de SDT Electrométrico.
Determinación de DBO₅ Oxitop
Determinación de DQO método de reflujo con Dicromato

Conclusiones:

La muestra analizada de Agua CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).



INIA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANIHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

La Rinconada Salcedo S/N°-Puno
T: (051) 363 812
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe



BICENTENARIO
PERÚ 2021



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

REPORTE DE ANALISIS DE AGUA

SOLICITANTE : Santos Estanislao Alberto Ramos
INTERESADO : Proyecto Influencia del relleno sanitario en la
calidad de las aguas subterráneas en el sector
Itapalluni del Distrito de Puno.
DIRECCION :
PROCEDENCIA : Puno.
LUGAR :
MUESTRA : Agua.
N° MUESTRAS : 06.
TIPO DE ANALISIS : Varios.
FECHA DE RECEPCIÓN : 03 de Noviembre del 2021.
FECHA DE CERTIFICACIÓN : 19 de Noviembre del 2021.
MUESTREO : Interesado.

Clave Laboratorio	II
Clave Usuario	PUNTO N°02
DBO ₅ mg/Lit	170.0
DQO mg/Lit	200.00
Nitratos mg/Lit	24.80
Nitritos mg/Lit	0.090
pH	6.570
C.E. uS/cm	92.40
Temperatura °C	19.90
Oxígeno Disuelto mg/l	2.40
STD mg/l	66.20
Nitrogeno mg/l	1.49
Fosforo mg/l	0.79
Turbidez UNT	5.11
Solidos Totales en Suspensión mg/l	94.00
Aspecto:	Material pigmentada Picrico
Sabor	
Color	
Olor	

Métodos utilizados en el Laboratorio:

- 1.- Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpresión, Octubre 1988. 195p.
- 2.- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. version 3.0 Washington DC, USA, 693p.
- 3.-Manual de Técnicas Analíticas para la Determinación Físico Químicas y Contaminantes Marinos (Aguas, Sedimentos y Organismos), 2003 148 pág. Programa Calidad Ambiental Marina –CAM.
Determinación de pH Potenciómetro Calomelano (electrodos de vidrio).
Determinación de Conductividad Eléctrica Conductímetro de tres anillos.
Determinación de SDT Electrométrico.
Determinación de DBO₅ Oxitop
Determinación de DQO método de reflujos con Dicromato

Conclusiones:

La muestra analizada de Agua CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).



INIA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

La Rinconada Salcedo S/N°-Puno
T: (051) 363 812
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe



BICENTENARIO
PERÚ 2021



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

REPORTE DE ANALISIS DE AGUA

SOLICITANTE : Santos Estanislao Alberto Ramos
INTERESADO : Proyecto Influencia del relleno sanitario en la
calidad de las aguas subterráneas en el sector
Itapalluni del Distrito de Puno.
DIRECCION :
PROCEDENCIA : Puno.
LUGAR :
MUESTRA : Agua.
N° MUESTRAS : 06.
TIPO DE ANALISIS : Varios.
FECHA DE RECEPCIÓN : 03 de Noviembre del 2021.
FECHA DE CERTIFICACIÓN : 19 de Noviembre del 2021.
MUESTREO : Interesado.

Clave Laboratorio	III
Clave Usuario	PUNTO N°03
DBO ₅ mg/Lit	100.0
DQO mg/Lit	220.00
Nitratos mg/Lit	18.60
Nitritos mg/Lit	0.093
pH	6.875
C.E. uS/cm	61.10
Temperatura °C	20.00
Oxígeno Disuelto mg/l	3.10
STD mg/l	43.70
Nitrogeno mg/l	1.50
Fosforo mg/l	0.78
Turbidez UNT	4.80
Solidos Totales en Suspensión mg/l	98.00
Aspecto:	Material pigmentada incolore
Sabor	
Color	
Olor	

Métodos utilizados en el Laboratorio:

- 1.- Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, División de Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpresión, Octubre 1988. 195p.
 - 2.- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. version 3.0 Washington DC, USA, 693p.
 - 3.-Manual de Técnicas Analíticas para la Determinación Físico Químicas y Contaminantes Marinos (Aguas, Sedimentos y Organismos), 2003 148 pág. Programa Calidad Ambiental Marina –CAM.
- Determinación de pH Potenciómetro Calomelano (electrodos de vidrio).
Determinación de Conductividad Electrica Conductimetro de tres anillos.
Determinación de SDT Electrométrico.
Determinación de DBO₅ Oxitop
Determinación de DQO método de reflujó con Dicromato

Conclusiones:

La muestra analizada de Agua CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).



INGIA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
Ing° JORGE CARIHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

La Rinconada Salcedo S/N°-Puno
T: (051) 363 812
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe



BICENTENARIO
PERÚ 2021



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

REPORTE DE ANALISIS DE AGUA

SOLICITANTE
INTERESADO

: Santos Estanislao Alberto Ramos
: Proyecto Influencia del relleno sanitario en la
calidad de las aguas subterráneas en el sector
Itapalluni del Distrito de Puno.

DIRECCION
PROCEDENCIA
LUGAR

:
: Puno.
:

MUESTRA
Nº MUESTRAS
TIPO DE ANALISIS

: Agua.
: 06.
: Varios.

FECHA DE RECEPCIÓN
FECHA DE CERTIFICACIÓN
MUESTREO

: 03 de Noviembre del 2021.
: 19 de Noviembre del 2021.
: Interesado.

Clave Laboratorio	IV
Clave Usuario	PUNTO Nº04
DBO ₅ mg/Lit	170.00
DQO mg/Lit	240.00
Nitratos mg/Lit	18.60
Nitritos mg/Lit	0.098
pH	6.947
C.E. uS/cm	58.00
Temperatura °C	20.10
Oxígeno Disuelto mg/l	3.50
STD mg/l	41.40
Nitrogeno mg/l	1.80
Fosforo mg/l	0.80
Turbidez UNT	5.22
Solidos Totales en Suspensión mg/l	93.00
Aspecto:	
Sabor	
Color	Material pigmentada
Olor	Picrico

Métodos utilizados en el Laboratorio:

- 1.- Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpresión, Octubre 1988. 195p.
- 2.- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. version 3.0 Washington DC, USA, 693p.
- 3.-Manual de Técnicas Analíticas para la Determinación Físico Químicas y Contaminantes Marinos (Aguas, Sedimentos y Organismos), 2003 148 pág. Programa Calidad Ambiental Marina –CAM.
Determinación de pH Potenciómetro Calomelano (electrodos de vidrio).
Determinación de Conductividad Eléctrica Conductímetro de tres anillos.
Determinación de SDT Electrométrico.
Determinación de DBO₅ Oxitop
Determinación de DQO método de reflujo con Dicromato

Conclusiones:

La muestra analizada de Agua CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).



INIA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

La Rinconada Salcedo S/N°-Puno
T: (051) 363 812
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe



BICENTENARIO
PERÚ 2021



REPORTE DE ANALISIS DE AGUA

SOLICITANTE
INTERESADO

: Santos Estanislao Alberto Ramos
: Proyecto Influencia del relleno sanitario en la
: calidad de las aguas subterráneas en el sector
: Itapalluni del Distrito de Puno.

DIRECCION
PROCEDENCIA
LUGAR

:
: Puno.

MUESTRA
N° MUESTRAS

:
: Agua.
: 06.

TIPO DE ANALISIS
FECHA DE RECEPCIÓN
FECHA DE CERTIFICACIÓN
MUESTREO

: Varios.
: 03 de Noviembre del 2021.
: 19 de Noviembre del 2021.
: Interesado.

Clave Laboratorio	V
Clave Usuario	PUNTO N°05
DBO ₅ mg/Lit	130.00
DQO mg/Lit	260.00
Nitratos mg/Lit	12.40
Nitritos mg/Lit	0.099
pH	7.165
C.E. uS/cm	97.10
Temperatura °C	20.20
Oxígeno Disuelto mg/l	3.30
STD mg/l	69.80
Nitrogeno mg/l	1.77
Fosforo mg/l	0.78
Turbidez UNT	5.40
Sólidos Totales en Suspensión mg/l	96.00
Aspecto:	
Sabor	
Color	Material pigmentada
Olor	Picrico

Métodos utilizados en el Laboratorio:

- 1.- Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpresión, Octubre 1988. 195p.
- 2.- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. version 3.0 Washington DC, USA, 693p.
- 3.-Manual de Técnicas Analíticas para la Determinación Físico Químicas y Contaminantes Marinos (Aguas, Sedimentos y Organismos), 2003 148 pág. Programa Calidad Ambiental Marina –CAM.
Determinación de pH Potenciómetro Calomelano (electrodos de vidrio).
Determinación de Conductividad Eléctrica Conductímetro de tres anillos.
Determinación de SDT Electrométrico.
Determinación de DBO₅ Oxitop
Determinación de DQO método de reflujos con Dicromato

Conclusiones:

La muestra analizada de Agua CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).



INIA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANIHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

La Rinconada Salcedo S/N°-Puno
T: (051) 363 812
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe



BICENTENARIO
PERÚ 2021



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

REPORTE DE ANALISIS DE AGUA

SOLICITANTE : Santos Estanislao Alberto Ramos
INTERESADO : Proyecto Influencia del relleno sanitario en la
calidad de las aguas subterráneas en el sector
Itapalluni del Distrito de Puno.
DIRECCION :
PROCEDENCIA : Puno.
LUGAR :
MUESTRA : Agua.
N° MUESTRAS : 06.
TIPO DE ANALISIS : Varios.
FECHA DE RECEPCIÓN : 03 de Noviembre del 2021.
FECHA DE CERTIFICACIÓN : 19 de Noviembre del 2021.
MUESTREO : Interesado.

Clave Laboratorio	VI
Clave Usuario	PUNTO N°06
DBO ₅ mg/Lit	160.00
DQO mg/Lit	260.00
Nitratos mg/Lit	12.40
Nitritos mg/Lit	0.050
pH	8.400
C.E. uS/cm	101.80
Temperatura °C	20.20
Oxigeno Disuelto mg/l	3.80
STD mg/l	72.90
Nitrogeno mg/l	1.83
Fosforo mg/l	0.77
Turbidez UNT	5.73
Solidos Totales en Suspensión mg/l	94.00
Aspecto: Sabor Color	Material pigmentada Picrico
Olor	

Métodos utilizados en el Laboratorio:

- 1.- Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpresión, Octubre 1988. 195p.
- 2.- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. version 3.0 Washington DC, USA, 693p.
- 3.-Manual de Técnicas Analíticas para la Determinación Físico Químicas y Contaminantes Marinos (Aguas, Sedimentos y Organismos), 2003 148 pág. Programa Calidad Ambiental Marina –CAM.
Determinación de pH Potenciometro Calomelano (electrodos de vidrio).
Determinación de Conductividad Electrica Conductimetro de tres anillos.
Determinación de SDT Electrometrico.
Determinación de DBO5 Oxitop
Determinación de DQO método de reflujo con Dicromato

Conclusiones:

La muestra analizada de Agua CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).



INIA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANIHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO



BICENTENARIO
PERÚ 2021

La Rinconada Salcedo S/N°-Puno
T: (051) 363 812
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe



ANEXO D -2

**RESULTADOS DE
LABORATORIO ANTES DEL
FUNCIONAMIENTO DE
RELLENO SANITARIO**



INFORME DE ENSAYO N° 0918-730-EX

Código de Laboratorio		01	02		
Código de Muestra		E-1	E-2		
Tipo de Muestra		Agua Natural (Superficial)	Agua Natural (Superficial)		
Fecha inicial / Hora de muestreo		08-09-2018 / 10:00 a.m.	08-09-2018 / 10:00 a.m.		
Fecha final / Hora de muestreo		08-09-2018 / 10:30 a.m.	08-09-2018 / 10:30 a.m.		
Parámetro de ensayo	Unidades	Resultados		Límite de Cuantificación del Método	
Turbidez	NTU	3,0	2,8	1,0	
Alcalinidad	mgCO ₃ ²⁻ /L	87,76	55,28	1,66	
*Oxígeno Disuelto	mg/L	7,40	8,5	1,5	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO-5)	mg/L	3,00	3,3	2,0	
*Coliformes Totales	NMP/100mL	27,0	3,6	1,8 ⁽ⁱ⁾	
*Nitrógeno Amoniacal	mg/L	12,1	8,6	5,0	
Nitrato	mg/L	0,07	0,10	0,01	
Nitrito	mg NO ₂ ⁻ -N/L	<0,003	<0,003	0,003	
Sólidos Totales Suspendidos	mg/L	6,51	2,86	2,80	
*Mercurio	mg Hg/L	< 0,0001	< 0,0001	0,0001	

(i): Limite de Detección.

Emitido en San Juan de Lurigancho, 14 de Septiembre del 2018.



E. Carrasco
Ing. Eliana Carrasco Zafra.
CIP 135841
Jefe de Laboratorio

Cantidad de muestras: 12 frascos de plásticos de 1L / 10 frascos de plásticos de 50 mL / 04 frascos de plástico Esteril de 1L / preservadas / refrigeradas .

(*) Los métodos indicados no han sido acreditado por el INACAL - DA.

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido total ni parcialmente, salvo autorización por V&S LAB E.I.R.Ltda.

Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.

El presente informe solo es válido para la(s) muestra(s) de referencia.

Los resultados de los ensayos obtenidos de este informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Las muestras serán guardadas teniendo en cuenta las condiciones y tiempo de almacenamiento descrito en los respectivos métodos estandarizados de cada parámetro. Toda corrección física al Informe de Ensayo luego de haber sido emitido, se realizará un documento adicional al informe donde llevará el nombre de "Suplemento al Informe de Ensayo N° ...".



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 081



INFORME DE ENSAYO N° 1118-997-EX

Página 02/03

Código de Laboratorio		01	02		
Código de la muestra		E-1	E-2		
Coordenas del Punto de Muestreo		N 8242431 E 386974	N 8242273 E 387039		
Altitud		3979	3978		
Descripción del tipo de Muestreo		Aguas arriba del Río Itapalluni	Aguas abajo del Río Itapalluni		
Tipo de Muestra		Agua Natural (Superficial)	Agua Natural (Superficial)		
Fecha Inicial / Hora de muestreo		22-11-2018 / 09:30 a.m	22-11-2018 / 10:00 a.m		
Fecha Final/ Hora de muestreo		22-11-2018 / 09:55 a.m	22-11-2018 / 10:25 a.m		
Parámetro de ensayo	Unidades	Resultados		Limite de Cuantificación del Método	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2,1	2,0	2,0 ⁽¹⁾	
*Bicarbonato	mgCO ₃ ²⁻ /L	62,69	37,06	1,66	
Nitritos	mg NO ₂ ⁻ /4/L	< 0,003	< 0,003	0,003	
Sulfatos	mgSO ₄ ²⁻ /L	4,8	4,9	1,6	
*pH	pH Unit	6,17	6,20	-	
*Oxígeno Disuelto	mg/L	5,4	5,6	1,5	
*Conductividad	uS/cm	111,8	112,20	-	
*Escherichia Coli	NMP/100mL	<1,8	<1,8	1,8	
*SARMI	mg/L	<0,003	<0,003	0,003	
*Coliformes Fecales	NMP/100 mL	<1,8	<1,8	1,8	
Mercurio	mg Hg/L	< 0,0001	< 0,0001	0,0001	

(1): Limite de Detección

Emitido en San Juan de Lurigancho, 03 de Diciembre del 2018.

Sandra Lindaura Salazar Coaguila
PROFESIONAL AMBIENTAL
R.R.S.S. - PUNO
EXTRACÓ S.A. SUCURSAL PERÚ
Carretera a... LABORATORIO
Ing. Lilliana Carrasco Zúñiga
CIP 135841
Jefe de Laboratorio



Cantidad de muestras: 06 frascos de 1L / 02 frascos de 500 mL / 01 frascos esterilizado de 500mL / 01 frasco de vidrio ámbar de 1L preservadas / refrigeradas.

(*) Los métodos indicados no han sido acreditado por el INACAL - DA.

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido total ni parcialmente, salvo autorización por V&S LAB E.I.R.Ltda.

Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.

El presente informe solo es válido para la(s) muestra(s) de referencia.

Los resultados de los ensayos obtenidos de este informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Las muestras serán guardadas teniendo en cuenta las condiciones y tiempo de almacenamiento descrito en los respectivos métodos estandarizados de cada parámetro.

Toda conexión física al Informe de Ensayo luego de haber sido emitido, se realizará un documento adicional al informe donde llevará el nombre de "Suplemento al Informe de Ensayo".



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 081



INFORME DE ENSAYO N° 1218-1073-EX

Página 02/03

Código de Laboratorio	01		02	
Código de la muestra	E-1		E-2	
Coordenas del Punto de Muestreo	N 8242431 E 386974		N 8242273 E 387039	
Altitud				
Descripción del tipo de Muestreo	AGUAS ARRIBA DEL RÍO ITAPALLUNI		AGUAS ABAJO DEL RÍO ITAPALLUNI	
Tipo de Muestra	AGUA NATURAL (SUPERFICIAL)		AGUA NATURAL (SUPERFICIAL)	
Fecha Inicial / Hora de muestreo	21-12-2018 / 09:20 a.m		21-12-2018 / 09:45 a.m	
Fecha Final/ Hora de muestreo	21-12-2018 / 09:30 a.m		21-12-2018 / 09:57 a.m	
Parámetro de ensayo	Unidades	Resultados		Límite de Cuantificación del Método
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	< 2,0	< 2,0	2,0 ⁽¹⁾
*Bicarbonato	mgCO ₃ ²⁻ /L	41,40	41,9	1,66
Nitritos	mg NO ₂ ⁻ -N/L	< 0,003	< 0,003	0,003
Sulfatos	mgSO ₄ ²⁻ /L	4,9	6,4	1,6
*pH	pH Unit	6,92	6,50	-
*Oxígeno Disuelto	mg/L	8,9	8,78	1,5
*Conductividad	uS/cm	82,8	81,80	-
*Escherichia Coli	NMP/100mL	< 1,8	6,8	1,8
*SAAM	mg/L	< 0,003	< 0,003	0,003
*Coliformes Fecales	NMP/100mL	< 1,8	11	1,8
Mercurio	mg Hg/L	< 0,0003	< 0,0003	0,0003

(1): Límite de Detección.

Emitido en San Juan de Lurigancho, 03 de Diciembre del 2018.

L. Carrasco
Ing. Liliana Carrasco Zfra
CIP 135841
Jefe de Laboratorio



Cantidad de muetsras: 06 frascos de 1L / 02 frascos de 500 ml / 01 frascos esterilizado de 500mL / 01 frasco de vidrio ámbar de 1L / preservadas / refrigeradas.
(*) Los métodos indicados no han sido acreditado por el INACAL - DA.
El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido total ni parcialmente, salvo autorización por V&S LAB E.I.R.Ltda.
Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.
El presente Informe solo es válido para la(s) muestra(s) de referencia.
Los resultados de los ensayos obtenidos de este informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Las muestras serán guardadas teniendo en cuenta las condiciones y tiempo de almacenamiento descrito en los respectivos métodos estandarizados de cada parámetro.
Toda corrección física al Informe de Ensayo luego de haber sido emitido, se realizará un documento adicional al informe donde llevará el nombre de "Suplemento al Informe de Ensayo N° ...".

V&S LAB E.I.R.Ltda. Pj. Manuel Gonzales Prada N°108. Urb Chacarilla de Otero-San Juan de Lurigancho Telefono: (51-1) 519-6135 PG-020.

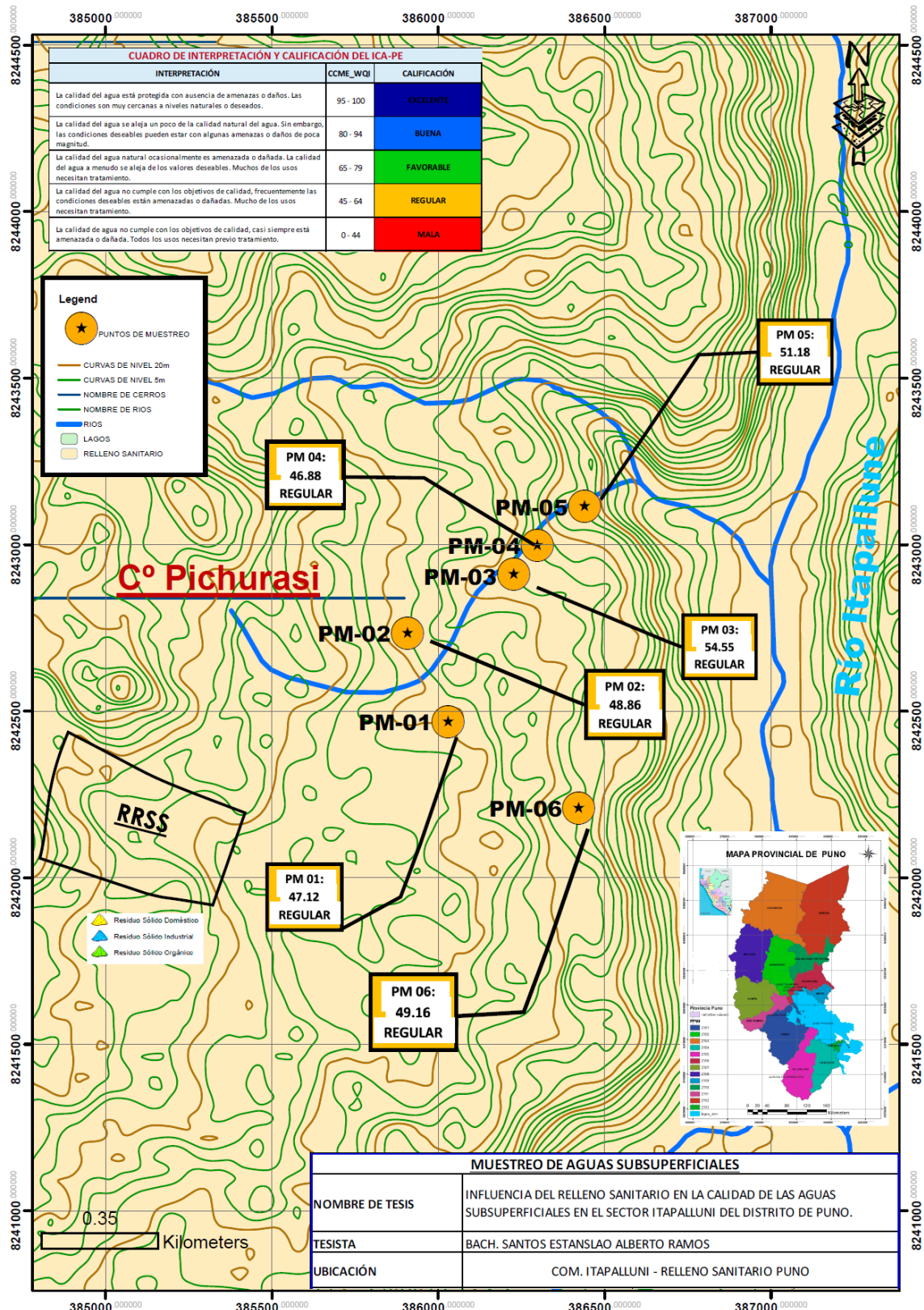


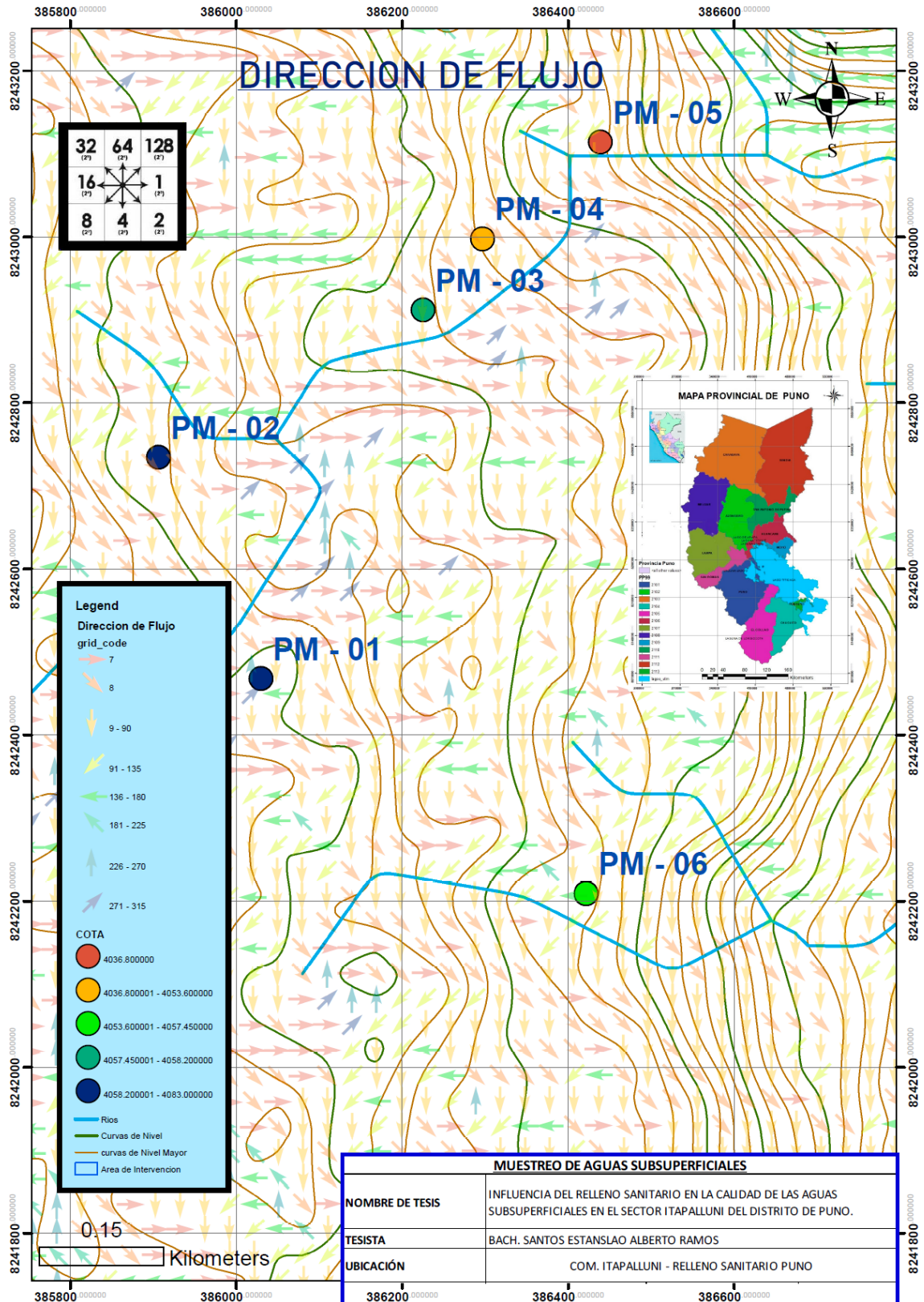
[Handwritten signature]
Suplemento al Informe de Ensayo N° 1218-1073-EX
Fecha: 03 de Diciembre del 2018
Lugar: San Juan de Lurigancho



ANEXO E

PLANOS







DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Santos Estanislao Alberto Ramos
identificado con DNI 46014305 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA AGRÍCOLA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ INFLUENCIA DEL RELLENO SANITARIO EN LA CALIDAD DE
LAS AGUAS SUBSUPERFICIALES EN EL SECTOR ITAPALLUNI
DEL DISTRITO DE PUNO ”

Es un tema original.

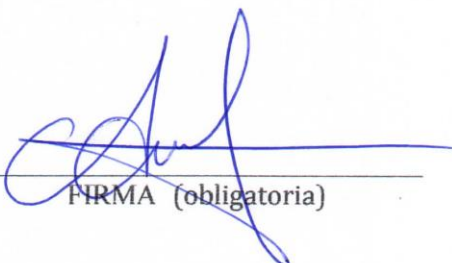
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 26 de JULIO del 20 23


FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo SANTOS ESTANISLAO ALBERTO RAMOS,
identificado con DNI 46014305 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA AGRÍCOLA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ INFLUENCIA DEL RELLENO SANITARIO EN LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBSUPERFICIALES EN EL SECTOR ITARALLUNI DEL DISTRITO DE PUNO ”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

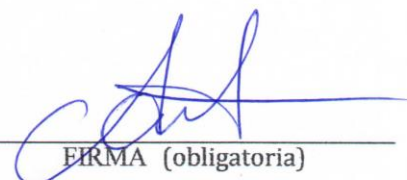
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 26 de Julio del 2023


FIRMA (obligatoria)

