

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Caracterización del agua de la quebrada Naranjal para la gestión del servicio de abastecimiento de agua para consumo humano en la localidad Unión de Mamonaquihua-Cuñumbuqui, 2017

Por:

Abel Rivera Cervantes

Norbil Garcia Silva

Asesor:

Ing. Jackson Pérez Carpio

Tarapoto, diciembre de 2017

Ficha catalográfica elaborada por el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación – CRAI – de la UPeU - FT

Rivera Cervantes, Abel

Caracterización del agua de la quebrada Naranjal para la gestión del servicio de abastecimiento de agua para consumo humano en la localidad Unión de Mamonaquihua-Cuñumbuqui, 2017. / Autores: Abel Rivera Cervantes, Norbil Garcia Silva. Asesor: Ing. Jackson Pérez Carpio. -- Tarapoto, 2017.

118 hojas: anexos, tablas, figuras

Tesis (Licenciatura)--Universidad Peruana Unión - Filial Tarapoto. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. EP. Ingeniería Ambiental, 2017.

Incluye referencias y resumen.

Campo del conocimiento: Ingeniería Ambiental

1. Abastecimiento de agua. 2. Parámetros. 3. Agua potable. 5.Tratamiento

DECLARACIÓN JURADA
DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Jakson Edgardo Pérez Carpio, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: ***“Caracterización del agua de la quebrada Naranjal para la gestión del servicio de abastecimiento de agua para consumo humano en la localidad Unión de Mamonaquihua-Cuñumbuqui, 2017”*** constituye la memoria que presenta los **Bachilleres Abel Rivera Cervantes y Norbil Garcia Silva** para aspirar al título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en *Tarapoto*, a los *28 días* del año 2017.



Jakson Edgardo Pérez Carpio

Caracterización del agua de la quebrada Naranjal para la gestión del
servicio de abastecimiento de agua para consumo humano en la localidad
Unión de Mamonaquihua-Cuñumbuqui, 2017

TESIS

Presentada para optar el título Profesional de Ingeniero Ambiental

JURADO CALIFICADOR



Ing. Jessica Quipas Pezo
Presidente



Ing. Rolando Cardenas Soto
Secretario



Ing. Henry Carbajal Mogollón
Vocal



Ing. Jackson Edgardo Pérez Carpio
Asesor

Tarapoto, 28 de Diciembre de 2017

DEDICATORIA

Dedicamos este éxito académico a nuestras padres, seres que más amamos en este mundo, por ser la fuente de inspiración y motivación para superarnos cada día.

AGRADECIMIENTOS

A nuestro Dios por darnos la vida y por dirigirnos hasta alcanzar nuestras metas. ¡Gracias Señor!

A nuestros padres, que con su amor incondicional nos apoyaron día a día para realizar la investigación.

A nuestro gran mentor universitario, Ing. Jackson Pérez, no sólo ha sido nuestro asesor, sino que es un privilegio tenerlo como nuestro gran amigo y guía. ¡Gracias maestro!

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
SIMBOLOS USADOS.....	xv
CAPITULO I: INTRODUCCION.....	16
1.1 Identificación del problema.....	16
1.2 Justificación.....	18
1.3 Objetivos.....	20
1.3.1 Objetivo general.....	20
1.3.2 Objetivos específicos:.....	20
1.4 Presuposición filosófica.....	21
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	22
2.1 Antecedentes de la investigación.....	22
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	22
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	25
2.1.3 Antecedentes locales.....	27
2.2 Fundamentos teóricos.....	29
2.2.1 Importancia del agua para la vida.....	29
2.2.2 Distribución del agua en la tierra.....	29
2.2.3 El agua de consumo humano.....	29
2.2.4 Dotación de agua para consumo humano.....	32
2.2.5 Calidad de agua.....	33
2.2.6 Métodos de análisis para la evaluación de la calidad del agua.....	42

2.3 Marco legal	53
2.4 Definición de términos	58
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	62
3.1 Descripción del área de estudio	62
3.1.1 Topografía	62
3.1.2 Hidrología	62
3.1.3 Flora	63
3.1.4 Fauna	63
3.2 Población y muestra.....	63
3.3 Diseño de investigación.....	64
3.4 Hipótesis	64
3.5 Materiales y equipos utilizados	65
3.6 Metodología de monitoreo.....	65
3.6.1. Recursos humanos	66
3.6.2. Ubicación del punto de muestreo	67
3.6.3. Frecuencia de monitoreo	67
3.6.4. Tipo de muestra de agua.....	68
3.6.5. Parámetros para monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales	68
3.6.6. Seguridad en el trabajo de campo.....	70
3.6.7. Rotulado y etiquetado.....	70
3.6.8. Medición del caudal.....	71
3.6.9. Medición de los parámetros de campo	72
3.6.10. Procedimiento para la toma de muestras	72
3.6.11. Preservación, almacenamiento, conservación y transporte de la muestra.....	73
3.6.12. Métodos de análisis	75
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	77
4.1 Medición de parámetros de campo.....	77
4.1.1 Caudal.....	77
4.1.2 Temperatura.....	78
4.1.3 Conductividad.....	78

4.1.4 pH	79
4.2 Análisis físico químico	80
4.2.1 Color verdadero	80
4.2.2 Turbidez.....	81
4.2.3 Oxígeno disuelto.....	82
4.2.4 DBO5.....	83
4.2.5 Aceites y grasas	84
4.2.6 Nitratos	85
4.2.7 Nitrógeno amoniacal.....	86
4.2.8 Fosfatos.....	87
4.2.9 Metales pesados.....	88
4.3 Análisis microbiológico.....	89
4.3.1 Coliformes termotolerantes y Escherichia Coli.....	89
4.3.2 Organismos de vida libre.....	90
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
5.1 Conclusiones.....	91
5.2 Recomendaciones	93
5.3 Sugerencias	94
REFERENCIAS	96
ANEXOS	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Demanda de agua en el ámbito rural	32
Tabla 2 Volumen de muestra por parámetros.....	64
Tabla 3 Parámetros mínimos recomendados para monitoreo de aguas superficiales.....	69
Tabla 4 Métodos de análisis realizado por laboratorio SAG.....	76
Tabla 5 Concentraciones de metales pesados.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Frascos para muestreo y labor de etiquetado	70
Figura 2. Medición de caudal según método de flotador	77
Figura 3. Medición de temperatura.....	78
Figura 4. Medición de conductividad	79
Figura 5. Concentración de pH.....	80
Figura 6. Medición de color verdadero	81
Figura 7. Concentración de Turbidez	82
Figura 8. Concentración de oxígeno disuelto	83
Figura 9. Concentración de la demanda bioquímica de oxígeno.....	84
Figura 10. Concentración de aceites y grasas.....	85
Figura 11. Concentración de nitratos.....	86
Figura 12. Concentración de nitrógeno amoniacal	87
Figura 13. Concentración de fosfatos	87
Figura 14. Concentración de coliformes termotolerantes, Escherichia Coli	89
Figura 15. Concentración de organismos de vida libre	90

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Localidad Unión de Mamonaquihua	102
ANEXO 2. Toma de coordenadas con GPS	102
ANEXO 3. Mapa de ubicación del punto de muestreo.	103
ANEXO 4. Reconocimiento del punto de muestreo.....	104
ANEXO 5. Frascos para el muestreo y labor de etiquetado.....	104
ANEXO 6. Registro de identificación de punto de monitoreo.....	105
ANEXO 7. Hoja de registro de campo	106
ANEXO 8. Cadena de custodia para análisis de agua	107
ANEXO 9. Frascos y cooler para el transporte de las muestras.....	108
ANEXO 10. Medición de los parámetros de campo	109
ANEXO 11. Toma de muestras	110
ANEXO 12. Traslado de muestras desde el punto de muestreo.....	111
ANEXO 13. Informe de ensayo de Laboratorio SAG.....	112
ANEXO 14. Formato para dotación y cloración de agua para consumo humano.....	116
ANEXO 15. Certificado de calibración del multiparámetro	117

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo caracterizar el agua de la quebrada Naranjal para la gestión del servicio de abastecimiento de agua para consumo humano en la localidad Unión de Mamonaquihua – Cuñumbuqui. Para la determinación de los parámetros físico-químicos, microbiológicos del agua superficial se tomó en cuenta los criterios generales descritos en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales y algunas pautas recomendadas por DIGESA; por otro lado, los análisis de las muestras fueron realizadas por el laboratorio SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES SAC, para luego ser comparados con el D.S N° 004-2017-MINAM (categoría 1-A), los resultados permitieron deducir que los parámetros fisicoquímicos se ven influenciados por el tipo de suelo y las condiciones climáticas como es el caso para temperatura (22.2°C), pH (8.4), color verdadero (34 UC) y turbidez (40 UNT), los metales pesados están debajo de los ECAs deduciendo que no implica riesgo a la salud ni afectación a la fuente, los parámetros microbiológicos supera los ECAS establecidos, Coliformes Termotolerantes (490 NMP/100 ml), Escherichia Coli (330 NMP/100 ml) y Organismos de vida libre (754 N° Organismo/L). Finalmente, de acuerdo a los resultados contrastados con la normativa se propone un sistema convencional para el tratamiento de agua para consumo humano con los siguientes componentes: Captación, sedimentador, pre-filtro, filtro lento, reservorio (sistema de cloración-hipoclorador por goteo con flotador) con el fin de remover la turbidez, color, coliformes termotolerantes, Escherichia Coli y Organismos de vida libre.

Palabras clave: Abastecimiento de agua, parámetros, agua potable, tratamiento.

ABSTRACT

This research aims to fully characterize Naranjal's ravine water to perform service processing of water supply for human consumption at Unión de Mamonaquihua – Cuñumbuqui. To determine physical - chemical, and microbiological parameters from surface water, general criteria was taken from water resources quality monitoring national protocol and some other DIGESA recommendations; on the other hand, analysis of samples were done by SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES SAC, later they were measured against D.S N° 004-2017-MINAM (category 1-A), results suggest that physical – chemical parameters are influenced by soil type and weather conditions as well as temperature (22.2°C), pH (8.4), true-color (34 UC) and turbidity (40 UNT), heavy metals are ruled by ECAs deducting they doesn't carry a risk to health, microbiological parameters exceed ECAs, thermo-tolerant coliforms (490 NMP/100 ml), Escherichia Coli (330 NMP/100 ml) and free living beings (754 N° Organismo/L). Finally, in line to the matched results against national regulations, a conventional water treatment system for human consumption is proposed taking into consideration the following parts: collecting, settler, pre-filter, slow filter, reservoir (chlorination system into drip and float-controlled) in order to remove turbidity, color, thermo-tolerant coliforms, Escherichia Coli and free living beings.

Key words: water supply, parameters, safe drinking water, treatment.

SIMBOLOS USADOS

OMS	: Organización mundial de la salud
PNSR	: Programa Nacional de Saneamiento Rural
PNUD	: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
MINAM	: Ministerio del Ambiente
UNT	: Unidad nefelométrica de turbidez
APHA	: Asociación Americana de Salud Pública
SUNASS	: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento
JASS	: Junta Administradora de Servicios de Saneamiento
OPS	: Organización Panamericana de la Salud
MEF	: Ministerio de Economía y Finanzas
EPA	: Agencia de Protección Ambiental
AWWA	: Asociación Americana de Abastecimiento de Agua
ECA	: Estándares de Calidad Ambiental
LMP	: Límite máximo permisible
ANA	: Autoridad Nacional del Agua
INACAL	: Instituto Nacional de Calidad
DIGESA	: Dirección General de Salud Ambiental
SAG	: Servicios Ambientales Generales
EPP	: Equipo de Protección Personal

CAPITULO I:

INTRODUCCIÓN

1.1 Identificación del problema.

A pesar de los avances impresionantes conseguidos en las últimas décadas, en la actualidad, 2400 millones de personas aún no acceden a servicios mejorados de saneamiento, al menos 663 millones de personas no tienen acceso a agua potable. Los deficientes servicios de saneamiento y agua y la falta de higiene causan alrededor de 675 000 muertes prematuras anuales y pérdidas económicas aproximadas de hasta el 7 % del Producto Bruto Interno (PBI) en algunos países. (Banco mundial, 2017)

El Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (2015), describe que el creciente e incontrolado aumento de la urbanización ha conducido a una mayor presión por conseguir una mayor cobertura de los servicios de agua y saneamiento. Se estima una población en América Latina de alrededor de 600 millones de habitantes, de los cuales cerca de 40 millones de personas no tienen acceso a una fuente mejorada de agua potable.

Antes del impacto del Fenómeno El Niño Costero en Perú, ocho millones de peruanos carecían de los servicios de agua potable y alcantarillado. Una persona necesita mínimo 50 litros de agua al día para beber y asearse, según la Organización Mundial de la Salud (OMS); sin embargo, a la mayoría de ciudades en Lima le falta abastecimiento, por ejemplo, el consumo medio en el distrito de Lurigancho-Chosica era en 2011 de 15,2 litros. (Grecia y Oswaldo, 2016)

En el ámbito nacional según estudio realizado en el año 2007-2010 en el Perú existe una gran desventaja en los niños menores de cinco años provenientes de hogares pertenecientes al área rural y en extrema pobreza para acceder al consumo de agua de calidad. Esta situación

representa un serio problema para el control de las enfermedades diarreicas y la desnutrición infantil. (Miranda, Aramburú, Junco, y Campos, 2010)

En nuestro país la anemia infantil afecta al 43.6% de los niños y niñas de 6 a 36 meses de edad, siendo más prevalente entre los niños de 6 a 18 meses, sector en el que 6 de cada 10 niños presenta anemia. La desnutrición crónica infantil ha reducido en los últimos años; sin embargo afecta al 13.1 % de menores a 5 años en el 2016: en las áreas rurales llega al 26.5% y 7.9 en las urbanas. En el último decenio nuestro país ha mostrado singulares avances en la reducción de la desnutrición crónica infantil, aún persisten inequidades a nivel regional y en zonas de pobreza, lo que exige la continuidad de las acciones a disminuir estas brechas. (Ministerio de Salud, 2017)

Según el Programa nacional de saneamiento rural (PNSR) hasta el año 2015 los indicadores de agua y saneamiento en el acceso de los hogares rurales a agua por red pública es de 68.4%, a agua potable 1.2% y a saneamiento 22.1%, estos datos revelan la escasez de cobertura en cuanto al abastecimiento de agua potable en nuestro país.

Por otro lado, la población rural asentada a lo largo de la quebrada el Naranjal, nos referimos a la localidad Unión de Mamonaquihua de la jurisdicción del distrito de Cuñumbuqui, utilizan estos recursos hídricos como fuente principal de abastecimiento de agua sin recibir un tratamiento previo debido a que no cuenta con una planta de tratamiento de agua. Por ello, conocer las características físicas, químicas y biológicas de estos recursos como fuente principal de abastecimiento de agua para consumo humano y uso doméstico cobra vital importancia para prevenir riegos, daños y conservar la salud de las personas. Frente a este problema, nace la necesidad de realizar el presente estudio para generar información precisa y confiable que sirva de base para la toma de decisiones asertivas permitiendo así llegar al siguiente problema.

¿Cuáles serán las concentraciones de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que permitirá considerar al agua de la quebrada Naranjal como una fuente de abastecimiento de agua para consumo humano?

1.2 Justificación

La calidad del agua, recurso de vital e imprescindible importancia para la vida humana, un estudio publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), dice que el Perú es el país latinoamericano con mayores niveles de desigualdad en cuanto al acceso al agua potable en el hogar, esta dimensión perjudica la salud de las familias que sufren por no tener agua limpia, y esto repercute en el desarrollo físico e intelectual de las personas.

En el Perú los niños son la población más vulnerable a sufrir enfermedades relacionadas al agua teniendo en cuenta que los factores que intervienen para la reducción de la desnutrición crónica infantil son: agua potable 24.8% y saneamiento 13.8% sumando un total de 38.6%. (Programa Nacional de Saneamiento Rural, 2017)

El plan bicentenario Perú al 2021 plantea concentrar el esfuerzo público en reducir de manera sustantiva y de ser posible erradicar la desnutrición crónica y la mortalidad infantil para el año 2021, así como garantizar el acceso a los servicios de agua y desagüe y una buena atención de salud para todos los peruanos. Así mismo el plan bicentenario, se propone dar el servicio de agua potable al 85% de la población en el año 2021, a su vez el 79% de la población debe tener acceso a redes de alcantarillado en el 2021. (Rey de Castro y Lauchlan, 2013, p. 56)

En uno de sus objetivos del plan bicentenario (Igualdad de oportunidades y acceso universal a los servicios básicos) se enfoca en lograr que todas las personas tengan igualdad de oportunidades para desarrollarse, lo que implica tener acceso a servicios básicos de

calidad, en particular educación, salud, agua y desagüe, electricidad, telecomunicaciones, vivienda y seguridad ciudadana. (Rey de Castro y Lauchlan, 2013, p. 92)

En el marco del programa nacional de incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal - 2017 se orienta al logro de seis objetivos siendo uno de ellos reducir la desnutrición crónica infantil en el país, por lo cual; cobra vital importancia caracterizar fuentes de agua tanto superficial como subterránea como instrumento de gestión para la prestación de los servicios de saneamiento en el ámbito rural enmarcado al acceso a agua potable y saneamiento del tal manera que ayuden a reducir los índices de enfermedades relacionados a la calidad del agua, más aún si dichas fuentes vienen siendo afectadas por las actividades antropogénicas. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2017)

Del mismo modo el PNSR como parte del PI- 2017, estipula en sus guías de cumplimiento de la meta 41(funcionamiento del área técnica municipal para la gestión del servicio de agua y saneamiento en el ámbito rural) y 35 (fortalecimiento del área técnica municipal para la gestión del servicio de agua y saneamiento en el ámbito rural) que se debe realizar la caracterización de la fuente de agua para consumo humano según el anexo N°13 que forma parte de dichas guías.

En la gestión de los servicios de agua y saneamiento se busca que estos sean sostenibles en el tiempo, es por eso que el programa nacional de saneamiento rural (programa presupuestal 0083), tiene estipulado trabajar en lo siguiente: 1) Capacitación en gestión para gobiernos locales y operadores, 2) Seguimiento y evaluación de la prestación del servicio de agua y saneamiento, 3) capacitación a los hogares rurales en educación sanitaria, con estas 03 actividades se pretende que el acceso de la población rural a los servicios de agua y saneamiento sean de calidad y sostenibles y 4) mantenimiento de los sistemas de agua y saneamiento rural. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2017)

La realidad en nuestro país es aún más dramática, debido a que el déficit hídrico obliga a las personas a recurrir a fuentes de agua no aptas para el consumo humano, en la provincia de Utcubamba 27 mil de los 59 mil habitantes que viven en la ciudad solo cuentan con agua potable dos horas cada semana. (Grecia y Oswaldo, 2016)

Existe una diversidad de razones que justifica el estudio, según la última encuesta de diagnóstico de abastecimiento de agua y saneamiento en noviembre de 2016 realizada por la Dirección Regional de Vivienda Construcción y Saneamiento a través del fondo de estímulo al desempeño menciona, que el agua suministrada a la población de la localidad Unión de Mamonaquihua no recibe ningún tratamiento debido a que no cuenta con una planta de tratamiento. Del mismo modo el sistema de eliminación de excretas es con arrastre hidráulico (letrinas con tanque séptico) es por ello que nace la necesidad de conocer las características físicas, químicas y microbiológicas de este cuerpo de agua para prevenir riegos, daños y conservar la salud de las personas.

Asimismo, el monitoreo de la calidad del agua potable de este recurso hídrico, pondrá al alcance de las autoridades sanitarias información sistemática y rápida sobre las condiciones del agua que se suministra a los pobladores de la localidad antes mencionada.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Caracterizar el agua de la quebrada Naranjal para la gestión del servicio de abastecimiento de agua para consumo humano en la localidad Unión de Mamonaquihua – Cuñumbuqui, 2017.

1.3.2 Objetivos específicos:

- Evaluar los parámetros físico-químicos del agua para consumo humano de la quebrada Naranjal.

- Evaluar los parámetros microbiológicos del agua para consumo humano de la quebrada Naranjal.
- Contrastar con la normativa vigente para proponer una alternativa viable de tratamiento para la obtención de agua para consumo humano.

1.4 Presuposición filosófica

El mundo en el cual vivimos es una dádiva de amor de parte del Dios Creador, que hizo el cielo y la tierra, el mar y las fuentes de las aguas, en medio de esta creación colocó a los seres humanos, creados intencionalmente para relacionarse con él, con otras personas y con el mundo que los rodeaba. De este modo la atmósfera y el agua están contaminados, los bosques y la vida silvestre saqueados, y los recursos naturales en extinción. (White, 2013)

En el relato del Génesis se dice que cuando Dios creó este mundo toda la creación fue puesta a disposición de la humanidad (Génesis 1:26, 28). Es evidente que Dios les dio a los habitantes de este mundo dominio y potestad sobre toda la naturaleza. Sin embargo, nadie desconoce el hecho de que hoy nuestro mundo está enfrentando una crisis ecológica, y nuestra preocupación por el medio ambiente abarca también la salud personal y el estilo de vida. (Dzul, 2013)

El agua es el símbolo de limpieza así como menciona la biblia en Ezequiel 36:25. “Esparciré sobre vosotros agua limpia, y seréis limpiados de todas vuestras inmundicias”; asimismo en Juan 4:14 nos hace reflexionar, “Pero el que beba del agua que yo le daré, no tendrá sed jamás, sino que el agua que yo le daré se convertirá en él en una fuente de agua que brota para vida eterna” y también en Juan 7:38-39: “El que cree en mí, como ha dicho la Escritura: ``De lo más profundo de su ser brotarán ríos de agua viva’’; nos hacen entender que el agua es el símbolo de salud.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Cardona (2011) llevó a cabo una investigación en la Universidad Tecnológica de Pereira - Colombia titulada “Caracterización del agua cruda del río La Vieja como fuente superficial para el proceso de potabilización de Emcartago S.A. E.S.P”, cuya finalidad fue investigar su grado de contaminación actual, y determinar según la normatividad vigente si es una fuente apta para el consumo humano y doméstico (previo proceso de potabilización), Para la recolección de los datos se eligieron dos puntos de muestreo, basados en su experiencia y conocimiento del río, así como también 30 parámetros basados en su marco legal nacional. El resultado general de la fuente fue evaluado mediante el Índice NSF y presenta un grado de contaminación definido como “medio” y los parámetros se encuentran en concentraciones normales para el tipo de fuente, además en tiempo lluvioso los parámetros que se ven alterados son el Color verdadero, la Turbiedad y los Sólidos Totales.

Años más tarde Wees y Petro (2014) llevaron a cabo un estudio en la Universidad Tecnológica de Bolívar – Colombia, titulado “Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del municipio de Turbaco – Bolívar, Caribe Colombiano” con el objetivo de evaluar la calidad fisicoquímica y microbiología del agua consumida en el municipio de Turbaco, para ello se tomaron muestras en nueve (9) puntos, analizándose parámetros in situ y una posterior fase de laboratorio, seguido de una comparación con la normatividad vigente. De los resultados del estudio, se concluyó que, la calidad de agua en términos fisicoquímicos está por encima de los valores establecidos en la normatividad Colombiana, siendo la ausencia de cloro residual libre la mayor preocupación y posible deficiencia en el sistema de tratamiento.

Asimismo Gallardo (2009) realizó una investigación en la Universidad de El Salvador titulada “Determinación de la calidad del agua que abastece a cuatro comunidades del Cantón el Almendro del municipio de Jucuaran, Usulután”, cuyo objetivo general de la investigación fue contribuir en las comunidades (El Almendro, Espíritu Santo, Cabaña y Plantel) a buscar soluciones para mejorar la calidad de vida de sus pobladores, para ello se realizaron muestreos en dos períodos, época lluviosa y seca para luego analizar los parámetros físico y microbiológicos, los resultados de la calidad física del agua con respecto a los parámetros analizados fue buena, ya que la mayoría de estos cumplen con las especificaciones para agua potable de acuerdo a la Norma Oficial Salvadoreña (con excepción de la turbidez que sobrepasa el límite de 5 UNT en época lluviosa, la cual se debe al arrastre de partículas en suspensión). Por otro lado, los resultados de los análisis químicos en las cuatro comunidades los fosfatos se encontraron fuera de los límites establecido por Norma colombiana (0.20 mg/L) esto es debido al uso de detergentes, jabones y lejías por los usuarios del recurso agua.

Por otro lado tenemos a Villacis y David (2016) quienes realizaron una investigación en la Universidad Politécnica Salesiana-Ecuador titulada “Estudio exploratorio de la calidad del agua del río Caoní en el tramo que cruza con la finca Agroecoturística Los Chiparos” cuya finalidad fue evaluar la calidad del agua para identificar si los parámetros del río Caoní cumplen con la normativa ambiental vigente. La metodología utilizada para el análisis fue adaptada de la Asociación Americana de Salud Pública (APHA), y el Programa Hidráulico Flow Master. Los resultados obtenidos se compararon con la normativa ambiental vigente en Ecuador, se demostró que el agua es apta para la vida acuática y actividades recreativas, asimismo el agua del río no cumple con los límites máximos permitidos para usos de agua potable.

En el país vecino de Ecuador, Chamba y Guallasamin (2015) llevaron a cabo una investigación titulada Estudio de la disponibilidad y calidad del agua de consumo humano a través del monitoreo de caudales y análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la zona Pesillo – Imbabura, tuvo como objetivo generar información a las juntas comunitarias y obtener una gestión de calidad de agua para consumo humano eficiente y saludable. El método usado para determinar la disponibilidad de agua para consumo humano se determinó mediante la aplicación del método volumétrico, mientras para determinar la calidad de agua se realizó muestreo simple con la toma de una muestra de agua y llevada para su análisis fisicoquímico y microbiológico al Laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana, los resultados de los análisis se evaluaron mediante la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108-“Requisitos específicos para el agua potable”, generando una conclusión que ninguna de las diez Juntas Regionales de Agua Potable Pesillo Imbabura cumplen con los parámetros de calidad.

También Guevara (2015) realizó un estudio en la Universidad de El Salvador titulado “Determinación de la calidad microbiológica del agua de 2 playas: El Tunco y El Sunzal, ubicadas en el departamento de La Libertad, El Salvador” dicho trabajo tuvo como objetivo principal conocer la calidad microbiológica del agua de la zona costera de las playas antes mencionadas a través de una red de estaciones ubicadas a lo largo de la costa, comprendiendo estas 6 estaciones, 18 puntos de muestreo en épocas lluviosas. Los resultados fueron evaluados mediante la norma mexicana NMX-AA-42-1987 aguas de uso recreacional lo cual nos indica que todos los valores promedios registrados están fuera de los límites máximos permisibles, ambas por los resultados obtenidos en el final de época lluviosa, la transición y el inicio de la época seca.

Años atrás Lopez (2012) realizó una investigación en El Salvador titulada “Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica de agua de pozos del barrio San Sebastián, municipio de Jocoro, departamento de Morazan” cuya finalidad fue conocer la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua presente en los pozos que consume la población del Barrio San Sebastián, se seleccionaron cinco pozos mediante un muestreo aleatorio simple, seguidamente los resultados de los análisis fueron evaluados e interpretados mediante la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:08 para Agua Potable, NSO13.07.01:04, y la Norma de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para Agua Potable, los cuales no cumplen con los valores establecidos por las normas antes mencionadas y por lo tanto, se puede afirmar que no es apta para consumo humano.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Cutimbo (2012) realizó una investigación titulada “Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano en centros poblados menores de La Yarada y Los Palos del distrito de Tacna” cuyo objetivo principal fue determinar la calidad bacteriológica de las aguas subterráneas usadas para el consumo humano en esos lugares, los análisis se realizaron mediante la Numeración de Coliformes Totales y Termotolerantes por el método de Tubos Múltiples (NMP) y recuento en placa de Bacterias Mesófilas Aerobias (APHA, 2005), finalmente de los 46 pozos muestreados 21(46%) se consideran bacteriológicamente aptas para consumo humano, por otro lado 25(54%) de los pozos no cumplen con la normativa nacional por ello se consideran no aptas para consumo humano.

Graza & Quispe, (2015) realizaron una investigación en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos titulada “Determinación de Pb, Cd, As en aguas del río Santa en el pasivo minero ambiental de Recuay, Ticapampa; Recuay – Ancash” cuyo objetivo fue comparar los niveles de cadmio, plomo y arsénico con los límites permisibles establecidos por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y determinar su implicancia con el

medio ambiente y la salud humana, se tomaron muestras de agua en nueve (09) puntos consecutivos, para luego analizar la concentración de los metales por el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica, la concentración de arsénico fue 0,0404 mg/L, del plomo 0,6402 mg/L y del cadmio 0,0396 mg/L; siendo todos ellos superiores a los Límites Máximos Permisibles establecidos por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, finalmente basándose en los resultados se llegó a la conclusión de que el agua del río Santa, está contaminada y no es adecuada para el uso y consumo humano.

Según Marchand, (2002) quien realizó una investigación en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos que lleva por título “Microorganismos indicadores de la calidad del agua consumo humano en Lima Metropolitana” , el trabajo tuvo como objetivo evaluar la calidad microbiológica del agua de consumo humano en Lima Metropolitana, Se analizaron 224 muestras de agua del Sistema de almacenamiento y distribución de agua en inmuebles y 56 muestras de agua provenientes de pozo, De éstas, 40 (17,86%) muestras de agua de inmuebles y 41 (73,68%) muestras provenientes de pozos no cumplieron las normas microbiológicas, finalmente el 94.64% de las muestras se consideran que no son aptas para consumo humano.

También Sotil y Flores (2016) realizaron una investigación titulada “Determinación de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del contenido de las aguas del río Mazán-Loreto, 2016”, cuyo objetivo consistió en caracterizar las aguas del río Mazán, y así determinar su grado de contaminación mediante un estudio Descriptivo-Correlacional, se tomaron muestras representativas para su posterior análisis en el laboratorio, los análisis permitieron obtener los siguientes resultados, conductividad 16.77 $\mu\text{S}/\text{cm}$, TDS 9.36 mg/L, pH 7.05, oxígeno disuelto 6.57 mg/L, dióxido de carbono 4.14 mg/L, alcalinidad total 21.20 mg/L, coliformes totales 4.66 UFC/100mL, coliformes fecales 1.66 UFC/100 mL, cloruros 15.13 mg/L, dureza total 22.82 mg/L, dureza de calcio 14.83 mg/L, dureza de magnesio 7.98

mg/L, A/G 1.29mg/L, finalmente se llegó a la conclusión que todos están dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa peruana y algunos organismos internacionales.

2.1.3 Antecedentes locales

Navarro, (2013) llevó a cabo una investigación titulada “Caracterización físico-química de los principales humedales de Jalca de la concesión para conservación Alto Huayabamba. 2012”, su objetivo fue determinar las características químicas (Oxígeno disuelto, pH, Amonio y Nitratos) y físicas (Temperatura, Conductividad eléctrica), los monitoreos se realizaron en dos épocas distintas épocas de lluvias y época seca, finalmente los resultados generales de las características químicas y físicas de los humedales que han sido sometidos a estudios que fueron caracterizados en distintas épocas que son de lluvias y seca, cumplen para postular a la Convención Internacional de Ramsar debido a que muestran características físico-químicas para conservación de ambientes acuáticos.

Zumaeta, (2005) realizó una investigación titulada “Características de la oferta hídrica de la microcuenca Rumiyacu-Mishquiyacu para uso potable en la ciudad de Moyobamba 2004-2005”, el método que utilizaron en esta investigación fue primero identificar los afluentes de la microcuenca Rumiyacu-Mishquiyacu, la cantidad de agua que recorre en estas, el tipo de cobertura vegetal y la calidad de agua para uso potable. Se analizaron parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos (Turbiedad, Cloruros, Conductividad, Sólidos Totales Disueltos, Sulfatos, Nitratos, Dureza y pH. Siendo los más resaltantes la Turbidez y Coliformes Fecales y Totales), los resultados de los análisis que a excepción de la turbidez y coliformes totales y fecales sobrepasan los límites máximos permisibles, que al ingresar a la planta de tratamiento disminuyen a cero en el caso de Coliformes y referente a la turbidez disminuyen hasta 5 UNT que es lo que establece la SUNASS. Los demás parámetros analizados se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles.

Tananta, (2009), realizó la investigación “Determinación de la concentración de coliformes fecales y totales en el río Mayo, para lograr los objetivos del proyecto desarrollò trabajos de campo y gabinete, en la etapa de campo se determinaron estaciones de muestreo en el vertedero y en el cuerpo receptor, llegando a la conclusión de que existe un alto grado de relación entre los elevados volúmenes de descarga de aguas residuales de la ciudad de Moyobamba y el incremento de coliformes fecales y totales en el río Mayo.

Mendoza, (2013) llevo a cabo la investigación titulada “Vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en zonas rurales de la provincia de Moyobamba-2012”, tiene como objetivo principal evaluar los sistemas de abastecimientos de agua potable en el ámbito rural de la provincia de Moyobamba, llegando a la conclusión de que es ineficiente la responsabilidad en la conducción de este servicio no es uniforme encontrándose diferentes niveles de responsabilidad como son las JASS, La Municipalidad y mediante directiva comunal. Asimismo, debido al poco ingreso por aportes de los usuarios, no cuentan con operadores capacitados y la cobertura no es al 100 % de la población. El estado sanitario de la infraestructura de abastecimiento de agua la mayoría son antiguas.

Municipalidad Distrital de Cuñumbuqui, (2017) a través del Área Técnica Municipal realizó la “Caracterización del agua de la quebrada Cedararca de la localidad Las Flores de Mamonaquihua-2017”, teniendo como objetivo principal evaluar los parámetros bacteriológicos, organolépticos y parámetros inorgánicos. Los resultados de los análisis para la turbidez (22 UNT), color (11.6 UC), coliformes totales (1600 NMP/100 ml), coliformes termotolerantes (220 NMP/100 ml), Escherichia Coli (130 NMP/100 ml) y organismos de vida libre (975 N° Organismo/L) sobrepasan los estándares de calidad. Los demás parámetros analizados se encuentran por debajo de los ECAs establecidos.

2.2 Fundamentos teóricos

2.2.1 Importancia del agua para la vida.

Según Storaci, Rafael, y Smits, (2013), el agua es esencial para la vida y es utilizada para satisfacer las necesidades fundamentales de subsistencia de los seres vivos, así como para la producción y preparación de alimentos, para la limpieza personal y doméstica, para la recreación, para la generación eléctrica y para la industria. Todas las actividades sociales y económicas dependen del suministro y calidad del agua dulce, lo que requiere, a su vez, una prudente conservación y una gestión sostenible del recurso.

Mas adelante el mismo autor afirma que el agua, un elemento indispensable, su calidad es un requisito muy importante para el uso designado. Por tanto, es necesario conocer la calidad del agua antes de asignar el uso y definir el uso actual o probable antes de hablar de la calidad.

2.2.2 Distribución del Agua en la Tierra

Según Pontón, (2008) en su artículo titulado “El valor del agua” rescata que el 70% de la superficie del mundo está cubierta de agua, sólo el 2,5% del volumen total es agua dulce, mientras que el 97,5% es agua salada. Casi el 77% de esa agua dulce está congelada en los casquetes polares y glaciares. Del 23% restante, la mayor parte (el 22,5%) se presenta como humedad del suelo o se encuentra en profundos acuíferos subterráneos inaccesibles. Menos del 1% de los recursos de agua dulce del mundo está al alcance del consumo humano en ríos y lagos.

2.2.3 El agua de consumo humano

La Organización Panamericana de la Salud (OPS), (2004) considera que el agua es un solvente universal, debido a que es capaz de disolver o dispersar la mayoría de sustancias con las que tiene contacto, sean estas sólidas, líquidas o gaseosas, y de formar con ellas

iones, complejos solubles e insolubles, coloides o simplemente partículas dispersas de diferente tamaño y peso.

Asimismo, la OPS también afirma que desde el punto de vista de la salud humana, el agua ayuda a eliminar las sustancias resultantes de los procesos bioquímicos que se desarrollan en el organismo humano, a través de los órganos excretores, en especial la orina y el sudor. Sin embargo, por esta misma propiedad, puede transportar una serie de tóxicos al organismo que pueden afectar a diferentes órganos, de manera reversible o irreversible.

La Organización Mundial de la salud, (2006) en una de sus Guías para la calidad del agua potable define que el agua de consumo humano, no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. El agua potable es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal.

Sistemas convencionales de tratamiento de agua para consumo humano

Esta tecnología se empezó a desarrollar en la década de 1970 y se ha ido perfeccionando cada vez más a la luz de las últimas investigaciones realizadas en los países desarrollados.

En el tratamiento del agua para consumo humano se emplean diferentes procesos; la complejidad de estos dependerá de las características del agua cruda. A continuación describiremos los principales procesos de un sistema convencional:

Cribado/Captación

En este proceso se eliminan los sólidos de mayor tamaño que se encuentran en el agua (ramas, madera, piedras, plásticos, etcétera) por medio de rejas, en las que estos materiales quedan retenidos.

Coagulación-floculación

La coagulación consiste en la adición de coagulantes con el fin de desestabilizar las partículas coloidales para que sean removidas. Este proceso ocurre en fracciones de segundo, depende de la concentración del coagulante y del pH final de la mezcla. Mientras que la floculación es el proceso por el cual las partículas desestabilizadas chocan entre sí y se aglomeran formando los floc (Chulluncuy, 2011).

En estos procesos, aparte de la remoción de turbiedad y color también se eliminan bacterias, virus, organismos patógenos susceptibles de ser separados por coagulación, algas y sustancias que producen sabor y olor en algunos casos

El proceso de coagulación-floculación requiere ser controlado con mucho cuidado por ser una de las fases más importantes del tratamiento, ya que de este dependerá la eficiencia de los sedimentadores y filtros. Los coagulantes más usados son: sulfato de aluminio, cloruro férrico y sulfato férrico. Asimismo, se emplean ayudantes de coagulación, como polímeros catiónicos o aniónicos.

Sedimentación

Es el proceso físico mediante el cual las partículas en suspensión presentes en el agua son removidas o separadas del fluido, debido al efecto de la gravedad. Dichas partículas deberán ser más densas que el agua, y el resultado que se obtenga será un fluido clarificado y una suspensión más concentrada.

Filtración

Es un proceso que consiste en la separación de partículas y pequeñas cantidades de microorganismos (bacterias, virus) a través de un medio poroso. Es la fase responsable de que se cumplan los estándares de calidad para el agua potable. Desde el punto bacteriológico, los filtros tienen una eficiencia de remoción superior a 99%.

El tamaño de las partículas que quedan retenidas en mayor o menor proporción en los granos del lecho filtrante varía desde flóculos de 1mm hasta coloides, bacterias y virus inferiores a 10⁻³ mm. Cuando el floc tiene un volumen mayor que el de los poros del lecho filtrante quedará retenido por cernido en los intersticios del lecho; sin embargo, en el caso de las bacterias cuyo tamaño es mucho menor que el de los poros quedarán removidas por una serie de fenómenos (Chulluncuy, 2011).

Desinfección

Es el último proceso de tratamiento del agua, que consiste en la destrucción selectiva de los organismos potencialmente infecciosos. Lo que significa que no todos los organismos patógenos son eliminados en este proceso, por lo que requieren procesos previos como la coagulación, sedimentación y filtración para su eliminación (Chulluncuy, 2011).

2.2.4 Dotación de agua para consumo humano

El Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), establece que el consumo de agua doméstico, en el ámbito rural, se realiza en base a recomendaciones normativas de litros/habitante/día (dotación). (ver anexo 14) Dependiendo del sistema de disposición de excretas, se debe tener en consideración estos valores:

Tabla 1

Demanda de agua en el ámbito rural

Región geográfica	Consumo de agua doméstico, dependiendo del Sistema de disposición de excretas utilizado	
	Letrinas sin arrastre hidráulico	Letrinas con arrastre hidráulico ¹⁰
COSTA	50 a 60 l/h/d	90 l/h/d
SIERRA	40 a 50 l/h/d	80 l/h/d
SELVA	60 a 70 l/h/d	100 l/h/d

10 letrinas con tanque séptico o con biodigestores más pozos de infiltración o percolación

Fuente: Ministerio de economía y finanzas, 2017

2.2.5 Calidad de agua

2.2.5.1 Características físicas

Las características físicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, etcétera), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua. (OPS, 2004)

Según el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales recomienda como mínimo a las siguientes características físicas:

a) Turbiedad

La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etc.). La turbiedad es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado. La medición de la turbiedad se realiza mediante un turbidímetro o nefelómetro. Las unidades utilizadas son, por lo general, unidades nefelométricas de turbiedad. (UNT), (OPS 2004)

b) Color

Esta característica del agua se atribuye comúnmente a la presencia de taninos, lignina, ácidos húmicos, ácidos grasos, ácidos fúlvicos, etc. Se considera que el color natural del agua, puede originarse por la extracción acuosa de sustancias de origen vegetal, descomposición de la materia, la materia orgánica del suelo, presencia de hierro, manganeso y otros compuestos metálicos y por una combinación de los procesos descritos. En la formación del color en el agua intervienen, entre otros factores, el pH, la temperatura, el tiempo de contacto, la materia disponible y la solubilidad de los compuestos coloreados. (OPS 2004)

c) Olor y Sabor

El olor y el sabor están estrechamente relacionados; por eso es común decir que “A lo que huele, sabe el agua”. Estas características constituyen el motivo principal de rechazo por parte del consumidor.

Por otro lado, la falta de olor es un indicio indirecto de la ausencia de contaminantes, tales como los compuestos fenólicos. Las sustancias generadoras de olor y sabor en aguas crudas pueden ser compuestos orgánicos derivados de la actividad de microorganismos y algas o provenir de descargas de desechos industriales originando así cuatro sabores básicos: ácido, salado, dulce y amargo. (OPS 2004)

d) pH

El término pH expresa la intensidad de un ácido, dependiendo de su capacidad de disociación, así como de su concentración. El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución. Aunque podría decirse que no tiene efectos directos sobre la salud, sí puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección.

Por lo general, las aguas naturales (no contaminadas) exhiben un pH en el rango de 5 a 9. Este rango permite controlar sus efectos en el comportamiento de otros constituyentes del agua. (OPS 2004).

e) Conductividad

La conductividad eléctrica (CE) del agua puede definirse como la aptitud de ésta para transmitir la corriente eléctrica, en los cuerpos de agua dulce se encuentra determinada por la geología del área a través de la cual fluye el agua. es por esto que la conductividad es una medida generalmente útil como indicador de la calidad de aguas dulces.

Cada cuerpo de agua tiene un rango relativamente constante de conductividad, que una vez conocido, puede ser utilizado como línea de base para comparaciones con otras determinaciones puntuales. (Goyenola, 2007)

f) Temperatura

Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración, su variación depende de factores ambientales que hace que la temperatura del agua varíe continuamente. (OPS 2004)

g) Sólidos totales disueltos

Se denomina así a los residuos que se obtienen como materia remanente luego de evaporar y secar una muestra de agua a una temperatura dada. Según el tipo de asociación con el agua (OPS 2004).

2.2.5.2 Características químicas

El agua como solvente universal, puede contener cualquier elemento de la tabla periódica; sin embargo, pocos son los elementos significativos para el tratamiento del agua cruda con fines de consumo o los que tienen efectos en la salud del consumidor. (OPS, 2004)

A continuación, se describen las características e importancia de los principales parámetros químicos relacionados con las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano.

a) Aceites y grasas

La presencia de aceites y grasas en el agua puede alterar su calidad estética (olor, sabor y apariencia). La Organización Panamericana de la Salud, (2004) recomienda que los aceites y grasas estén ausentes en el agua para consumo humano, más por razones de aceptabilidad que porque exista algún riesgo de daño a la salud.

b) Alcalinidad

Es la capacidad del agua de neutralizar ácidos, La alcalinidad está influenciada por el pH, la composición general del agua, la temperatura y la fuerza iónica. Por lo general, está presente en las aguas naturales como un equilibrio de carbonatos y bicarbonatos con el ácido carbónico, con tendencia a que prevalezcan los iones de bicarbonato. De ahí que un agua pueda tener baja alcalinidad y un pH relativamente alto o viceversa pues esto podría indicar un cambio en la calidad del agua (OPS 2004).

c) Amonio

La OPS (2004) describe que el amonio es el producto final de la reducción de las sustancias orgánicas e inorgánicas nitrogenadas y debe su origen a los siguientes factores:

- El nitrógeno atmosférico, por fijación química.
- Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua.
- Las proteínas animales o vegetales, por putrefacción mediante acción bacteriana.

d) Bario

La contaminación del agua por bario proviene principalmente de los residuos de perforaciones, de efluentes de refinerías metálicas o de la erosión de depósitos naturales, es considerado altamente tóxico para el hombre; causa trastornos cardíacos, vasculares y nerviosos (aumento de presión arterial). Se considera fatal una dosis de 0,8 a 0,9 gramos como cloruro de bario (de 550 a 600 miligramos de bario. OPS (2004).

e) Boro

Según la OPS (2004) el boro no se considera un elemento esencial para la nutrición humana, asimismo existen estudios que demuestran su influencia en el retardo del crecimiento de las plantas. La OMS ha establecido como valor guía para aguas de consumo 0,3 mg/L.

f) Cadmio

Según estudios realizados por OPS (2004) el cadmio no es un elemento esencial para la vida del hombre. La contaminación de las aguas superficiales con este metal pesado puede provenir de la corrosión de los tubos galvanizados, de la erosión de depósitos naturales, de los efluentes de refinerías de metales o de líquidos de escorrentía de baterías usadas o pinturas.

g) Cinc

Las aguas naturales contienen cinc en concentraciones bastante bajas; sin embargo, en el agua de suministro, el cinc proviene generalmente del contacto con accesorios y estructuras galvanizadas o de bronce. La OPS (2004) considera el cinc como un elemento esencial y benéfico para el metabolismo humano, su salubridad es variable y depende del pH y de la alcalinidad.

h) Cloruros

Las aguas superficiales normalmente no contienen cloruros en concentraciones tan altas como para afectar el sabor, por lo general no son los cloruros sino los sulfatos y los carbonatos los principales responsables de la salinidad, asimismo a altas concentraciones los cloruros pueden influir en la corrosividad del agua. OPS (2004)

i) Cobre

Según OPS (2004) el cobre se encuentra frecuentemente en forma natural en las aguas superficiales, pero en concentraciones menores a un mg/L. En estas concentraciones, el cobre no tiene efectos nocivos para la salud al contrario se trata de un elemento benéfico para el metabolismo, esencial para la formación de la hemoglobina. Finalmente, la presencia del cobre en el agua está relacionada principalmente con la corrosión de las cañerías en la vivienda, la erosión de depósitos naturales y el percolado de conservantes de madera, entre otros.

j) Cromo

Para la OPS (2004) de las especies normalmente presentes en las aguas superficiales, el Cr (III) es esencial para los seres humanos, pues promueve la acción de la insulina. En cambio, el Cr (VI) es considerado tóxico por sus efectos fisiológicos adversos.

Es por eso que la Agencia de Protección Ambiental (EPA) recomienda, como factor de seguridad, que el límite para cromo en fuentes de agua destinadas a consumo humano no exceda 0,1 mg/L como cromo total un valor nada exigente a comparación como lo hace la OMS.

k) Demanda Bioquímica de Oxígeno: DBO5

El DBO5 corresponde a la cantidad de oxígeno necesario para descomponer la materia orgánica por acción bioquímica aerobia. Esta demanda es ejercida por las sustancias carbonadas, las nitrogenadas y ciertos compuestos químicos reductores. (OPS, 2004)

l) Manganeso

La OPS (2004) afirma que el manganeso es un elemento esencial para la vida animal; funciona como un activador enzimático. Sin embargo, grandes dosis de manganeso en el organismo pueden causar daños en el sistema nervioso central. Su presencia no es común en el agua, pero cuando se presenta, por lo general está asociado al hierro y la presencia de manganeso en el agua provoca el desarrollo de ciertas bacterias que forman depósitos insolubles de estas sales, acción que es similar en el hierro.

m) Mercurio

La OPS (2004), considera al mercurio un contaminante no deseable del agua, es un metal pesado muy tóxico para el hombre en las formas aguda y crónica, por otro lado en el agua, el Hg se encuentra principalmente en forma inorgánica, que puede pasar a compuestos orgánicos por acción de los microorganismos presentes en los sedimentos.

n) Nitratos

El nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas. Normalmente en el agua se lo encuentra formando amoníaco, nitratos y nitritos, finalmente los nitratos (sales del ácido nítrico, HNO_3) son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion. En los sistemas acuáticos y terrestres, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos. (OPS, 2004)

o) Oxígeno disuelto

La OPS (2004), afirma que la presencia de oxígeno disuelto es esencial en el agua, que proviene principalmente del aire. Sin embargo, niveles bajos o ausencia de oxígeno en el agua puede indicar contaminación elevada, condiciones sépticas de materia orgánica o una actividad bacteriana intensa; por ello se le puede considerar como un indicador de contaminación. La presencia de oxígeno disuelto en el agua cruda depende de la temperatura, la presión y la mineralización del agua.

p) Níquel

La Organización Mundial de la salud, (2006) menciona que el níquel puede provenir de grifos recubiertos de níquel y cromo nuevos, y también pueden aparecer concentraciones bajas procedentes de tuberías y accesorios de acero inoxidable. Asimismo, la contaminación con níquel disminuye con el tiempo y un aumento del pH para controlar la corrosión de otros materiales también debería reducir la contaminación por níquel.

q) Plomo

El plomo es un metal pesado en esencia tóxico y puede provocar en el hombre intoxicaciones agudas o crónicas además es la causa principal de la enfermedad denominada saturnismo.

Las fuentes naturales por lo general contienen plomo en concentraciones que varían notoriamente, se pueden encontrar desde niveles tan pequeños como trazas hasta concentraciones importantes que contaminan definitivamente el recurso hídrico. (OPS, 2004)

r) Arsénico

Según la OPS (2004) el Arsénico puede estar presente en el agua en forma natural y es considerado un elemento muy tóxico para el hombre, y se encuentra en forma trivalente o pentavalente, tanto en compuestos inorgánicos como orgánicos.

s) Fosfatos

Es común encontrar fosfatos en el agua, pues estos son nutrientes de la vida acuática y limitantes del crecimiento de las plantas. Sin embargo, su presencia está asociada con la eutrofización de las aguas, con problemas de crecimiento de algas indeseables en embalses y lagos, con acumulación de sedimentos, etc.

La fuente principal de los fosfatos orgánicos son los procesos biológicos. Estos pueden generarse a partir de los ortofosfatos en procesos de tratamiento biológico o por los organismos acuáticos del cuerpo hídrico; Sin embargo, es necesario estudiar la concentración de fosfatos en el agua, su relación con la productividad biológica y los problemas que estos pueden generar en el proceso de filtración y en la producción de olores (OPS, 2004).

2.2.5.3 Parámetros microbiológicos y parasitológicos en el Agua

Las aguas superficiales están expuestas a una amplia gama de factores que pueden alterar su calidad biológica y ocasionar cambios simples o complejos y con diferentes niveles de intensidad. OPS (2004)

Según la Organización Mundial de la Salud, (2006), la verificación de la calidad microbiológica del agua por lo general incluye análisis microbiológicos, en la mayoría de los casos, conllevará el análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal, pero también puede incluir, en algunas circunstancias, la determinación de las concentraciones de patógenos específicos.

a) Coliformes termo tolerantes

Se denomina Coliformes Termotolerantes a ciertos miembros del grupo de bacterias coliformes totales que están estrechamente relacionados con la contaminación fecal, por este motivo, antes recibían la denominación de Coliformes Fecales; crecen a una temperatura de incubación de 44,5 °C. Las técnicas de análisis son la prueba de Tubos Múltiples y la de Filtración con Membrana. La mayor especie en el grupo Coliformes Termotolerantes es la *Escherichia Coli*. (Inacal, 2016)

b) Escherichia coli

En las aguas superficiales sin tratar se ha demostrado la presencia de las bacterias patógenas como *Escherichia coli*. Por otro lado es muy difícil demostrar que están en el agua tratada si se detectase su presencia, ello indicaría que se están presentando serias fallas en el diseño y el manejo del sistema y también la posible presencia de sedimentos en las redes de distribución del agua debido a fluctuaciones en la presión, puesto que es el microorganismo de elección para los programas de monitoreo para la verificación, incluidos los de vigilancia de la calidad del agua de consumo; asimismo los tratamientos convencionales y la desinfección son eficaces contra las bacterias patógenas (OMS, 2006).

c) Organismos de vida libre

La Biblioteca Virtual en Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental, (2004) menciona que los organismos de vida libre son los hongos, algas, los protozoarios de vida libre, nematodos, caracoles etc. Algunos de estos organismos son de interés en salud pública por ser conocidos

como portadores de enfermedades, o por las toxinas que producen. Los problemas más comunes asociados con estos organismos son de interferencia en la operación de las plantas, o de producción de turbiedad, color, olor o sabor.

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

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

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

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

En base a lo recomendado en estas normas internacionales, han surgido diversos criterios, métodos y técnicas de análisis, que permiten el estudio adecuado de los distintos parámetros, desde el proceso inicial de captación de las muestras hasta la interpretación correcta de los resultados obtenidos. A continuación se describen los métodos de análisis de los parámetros recomendados a analizar.

2.2.6.1 Metodología de análisis fisicoquímico

A continuación se describen los métodos de análisis según la Norma Standard:

a. Turbidez

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

Principio: Este método se basa en la comparación de la intensidad de luz dispersada por la muestra en condiciones definidas y la dispersada por una solución patrón de referencia en idénticas condiciones. Cuanto mayor es la intensidad de luz dispersada, más es la turbidez. Como suspensión patrón de turbidez de referencia se emplea el polímero formacina (Eaton, Clesceri, Rice, y Greenberg, 2005, p.158).

b. Oxígeno disuelto

Para el análisis de oxígeno disuelto se tiene el método Azide Modification de la Norma Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 4500-O C; 21st. ED.2005.

Principio: La prueba yodométrica es el procedimiento titrimétrico más preciso y confiable para el análisis de OD. Se basa en la adición de una solución divalente de manganeso, seguida de álcali fuerte, a la muestra en una botella con tapón de vidrio. OD oxida rápidamente una cantidad equivalente del precipitado de hidróxido manganeso divalente dispersado a hidróxidos de estados de mayor valencia. En presencia de iones

yoduro en una solución ácida, el manganeso oxidado vuelve al estado divalente, con la liberación de yodo equivalente al contenido original de OD. El yodo luego se titula con una solución estándar de tiosulfato.

El punto final de la titulación se puede detectar visualmente, con un indicador de almidón, o electrométricamente, con técnicas potenciométricas o de detención de parada. Los analistas experimentados pueden mantener una precisión de 50 g / l con detección de punto final visual y una precisión de 5 g / l con detección electrométrica de punto final.

El yodo liberado también puede determinarse directamente mediante simples espectrofotómetros de absorción. Este método se puede usar de forma rutinaria para proporcionar estimaciones muy precisas de OD en el rango de microgramos por litro, siempre que no existan interferencias en la materia particulada, el color y las interferencias químicas. (American Public Health Association, 2005)

c. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

Para el análisis de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) se tiene el método 5-Day BOD Test de la Norma Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 5210 B; 21st. ED.2005.

Alcance y aplicación

La aplicación de la de prueba para los vertidos de residuos orgánicos permite calcular el efecto de los vertidos de los recursos de oxígeno de las aguas receptoras. Los datos de las pruebas de DBO se utilizan para el desarrollo de criterios de ingeniería para el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales. La prueba de DBO es un bioensayo procedimiento que mide la disolución de oxígeno consumido por la vida microbiana, la asimilación y la oxidación de los orgánicos presentes. Las condiciones de prueba estándar incluyen incubación a 20 ° C durante un período de tiempo determinado (generalmente 5

días). Las condiciones ambientales de la temperatura, el movimiento biológico, la concentración de la luz solar y el oxígeno no puede ser reproducido con exactitud en el laboratorio.

Resumen del método

El método consiste en llenar con muestra, rebosar, una botella hermética del tamaño especificado e incubarla a la temperatura especificada durante 5 d. El oxígeno disuelto se mide inicialmente y después de la incubación, y la DBO se calcula a partir de la diferencia entre OD inicial y final. Debido a que el OD inicial se determina poco después de que se realiza la dilución, toda la absorción de oxígeno que se produce después de esta medición se incluye en la medición de DBO. La determinación de oxígeno disuelto en la prueba de DBO puede hacerse mediante el uso de cualquiera de los métodos, con el Full-Botella Winkler modificado o con el método de la sonda. La información adicional relacionada con el oxígeno exigentes, características de las aguas residuales se puede obtener mediante la aplicación del carbono orgánico total y pruebas de la demanda química de oxígeno. La utilización de botellas de 60 ml de incubación, en lugar de las habituales botellas de 300 ml de incubación, en relación con la investigación, a menudo es conveniente.

d. Aceites y grasas

Para el análisis de Aceites y Grasas se tiene el método EPA-821-R-10-001 Method 1664 Rev. B. N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry. 2010 recomendado por la Agencia de Protección Ambiental.

Principio: En la determinación de aceite y grasa, no se mide una cantidad absoluta de una sustancia específica. Por el contrario, los grupos de sustancias con características físicas similares se determinan cuantitativamente sobre la base de su solubilidad común en un

disolvente de extracción orgánico. " Aceites y grasa " se define como cualquier material recuperado como sustancia soluble en el solvente. Incluye otro material extraído por el solvente de una muestra acidificada (como compuestos de azufre, ciertos tintes orgánicos y clorofila) y no se volatiliza durante la prueba (Agencia de Protección Ambiental, 2010).

e. Nitratos

Para el análisis de nitratos se tiene el método SM 4500-NO₃- B. Nitrogen (Nitrate). Ultraviolet Spectrophotometric Screening Method, recomendado por American Public Health Association, (2000).

Este método es aplicable a los análisis de agua potable, de superficie, aguas salinas y residuos domésticos e industriales. Esta prueba se hace para eliminar compuestos orgánicos, corregir la turbidez, color, salinidad disueltos en la muestra. El rango de aplicaciones de las concentraciones es de 0,1 a 2 mg NO₃-N/L.

Resumen del Principio

Esta técnica solo se hace para analizar muestras que tienen un bajo contenido de materia orgánica, es decir, aguas naturales no contaminadas y suministros de agua potable. La curva de calibración de NO₃ sigue la ley de Beer hasta 11 mg N / L.

La medición de la absorción UV a 220 nm permite la determinación rápida de NO₃. Debido a que la materia orgánica disuelta también puede absorber a 220 nm y el NO₃ no absorbe a 275 nm, se puede usar una segunda medición a 275 nm para corregir el valor de NO₃. El alcance de esta corrección empírica se relaciona con la naturaleza y concentración de la materia orgánica y puede variar de un agua a otra. En consecuencia, este método no se recomienda si se requiere una corrección significativa de la absorbancia de materia orgánica, aunque puede ser útil para controlar los niveles de NO₃ en un cuerpo de agua con un tipo constante de materia orgánica.

Los factores de corrección para la absorbancia de materia orgánica pueden establecerse mediante el método de adiciones en combinación con el análisis del contenido original de NO_3 por otro método. La filtración de la muestra está destinada a eliminar la posible interferencia de partículas suspendidas. La acidificación con HCl 1N está diseñada para evitar la interferencia de concentraciones de hidróxido o carbonato de hasta 1000 mg de CaCO_3 / L. El cloruro no tiene ningún efecto en la determinación (Eaton et al., 2005, p. 770)

f. Nitrógeno amoniacal (N- amoniacal)- SM 4500NH3-F

Para el análisis de nitrógeno amoniacal se tiene método - SM 4500NH3-F, basada en la Norma Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; 21st. ED.2005

Principio: En el electrodo selectivo de amoniaco se utiliza una membrana hidrófoba permeable al gas para separar la solución de muestra en una solución interna del electrodo de cloruro de amonio. El amoniaco disuelto ($\text{NH}_3(\text{ac})$ y NH_4^+) se convierte en $\text{NH}_3(\text{ac})$ elevando el pH por encima de 11 con una base fuerte. $\text{NH}_3(\text{ac})$ se difunde a través de la membrana y cambia el pH de la solución interna que es apreciado por un electrodo de pH. El nivel fijo de cloruro se detecta por un electrodo selectivo de ion de cloruro que sirve de electrodo de referencia. Las determinaciones potenciométricas se hacen con un medidor de pH que tiene una escala expandida en milivoltios o con un iónmetro específico. Este método es aplicable para determinar de 0,03 a 1.400 mg de $\text{NH}_3\text{-N/L}$ en agua potable aguas superficiales y en las aguas residuales domésticas e industriales (Eaton et al., 2005, p. 755).

g. Metales pesados

Para el análisis de metales pesado se cuenta con la espectrometría de emisión atómica plasmática acoplada inductivamente (ICP-AES) que se usa para determinar metales y algunos no metales en solución. Este método es una consolidación de los métodos existentes para agua, aguas residuales y desechos sólidos.1-4.

Para referencia este método está aprobado para usar en programas de monitoreo de cumplimiento [por ejemplo, Ley de Agua Limpia (NPDES) o Ley de Agua Potable Segura (SDWA)] consulte ambas secciones apropiadas del Código de Regulación Federal (40 CFR Parte 136 Tabla 1B para NPDES, y la Parte 141 § 141.23 para agua potable), y los últimos anuncios del Registro Federal.

El análisis descrito en este método implica determinaciones multielementales por ICP-AES utilizando instrumentos secuenciales o simultáneos. Los instrumentos miden espectros de emisión de la línea atómica característicos por espectrometría óptica. Las muestras se nebulizan y el aerosol resultante se transporta a la antorcha de plasma. Los espectros de emisión específicos del elemento se producen mediante un plasma acoplado inductivamente por radiofrecuencia. Los espectros se dispersan mediante un espectrómetro de rejilla, y las intensidades de los espectros de línea se controlan a longitudes de onda específicas mediante un dispositivo fotosensible. Las fotocorrientes del dispositivo fotosensible son procesadas y controladas por un sistema informático. Se requiere una técnica de corrección de fondo para compensar la contribución de fondo variable a la determinación de los analitos. El fondo debe medirse adyacente a la longitud de onda del analito durante el análisis (Agencia de Protección Ambiental, 1994).

2.2.6.2 Metodología de análisis microbiológico

Para el análisis microbiológico se tiene el método - SM 9221 E-1 Multiple-Tube Fermentation. Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure., basada en la Norma Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; 21st. ED.2005.

Determinación de coliformes totales y fecales

Los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales, capaz de fermentar la lactosa a 44° C en vez de 37 °C como lo hacen los totales. Aproximadamente el 95% del grupo de los coliformes presentes en heces están formados por *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*; ya que los coliformes fecales se encuentran casi exclusivamente en las heces de los animales de sangre caliente, se considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal. Éstos últimos se denominan termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas. Esta es la característica que diferencia a coliformes totales y fecales. La capacidad de los coliformes fecales de reproducirse fuera del intestino de los animales homeotérmicos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad; desde hace mucho tiempo se han utilizado como indicador ideal de contaminación fecal, su presencia se interpreta como una indicación de que los organismos patógenos pueden estar presentes y su ausencia indica que el agua se halla exenta de organismos productores de enfermedades (A. Guevara, 1996)

Método de los tubos múltiples

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

En la prueba presuntiva la actividad metabólica de las bacterias es estimulada vigorosamente y ocurre una selección densa de los organismos que utilizan la lactosa después de la incubación a 35°C, un cultivo de cada tubo gas positivo se transfiere a un tubo de medio para la prueba confirmativa, esta prueba reduce la posibilidad de resultados gas positivos que pueden ocurrir por la actividad metabólica de los organismos formadores de esporas o por la producción sinérgica de gas debido a que algunas capas bacterianas no pueden, individualmente, producirlo a partir de la fermentación de la lactosa. Es

ocasionalmente necesario aislar estas bacterias productoras de gas e identificarlas como coliformes por la prueba complementaria para verificar que esta prueba confirmativa ha eliminado selectivamente todos los tubos con resultados falsos positivos. (A. Guevara, 1996)

Prueba presuntiva:

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

1. Preparar tres series sucesivas de 5 tubos con caldo lactosado, una de doble concentración y las otras dos de concentración sencilla.
2. Etiquetar las series con 10, 1 y 0.1 mL.
3. Agitar vigorosamente la muestra por lo menos 20 veces antes de tomar el volumen que se va a inocular, a efecto de homogeneizar.
4. Antes y después de realizar las inoculaciones, la boca del frasco de la muestra deberá ser flameada con objeto de evitar contaminación.
5. Inocular con una pipeta de 10 mL este volumen de muestra en la serie de tubos con caldo de doble concentración, con otra pipeta de 1 ml para 1 ml de muestra en la segunda serie de tubos con concentración sencilla.
6. Igualmente con la misma pipeta podrá inocularse la tercera serie de tubos con 0.1 ml de muestra. Normalmente, siempre que no se sospecha que el agua contenga elevada carga bacteriana, solo se inoculan estas tres primeras series de tubos. En caso contrario, será necesario inocular otras series y por lo tanto, realizar diluciones de la muestra original.
7. Incubar todos los tubos a una temperatura de 35 °C durante 24-48 horas.

8. Después de 24 horas de incubación efectuar una primera lectura para observar si hay tubos positivos, es decir, con producción de ácido, si el medio contiene un indicador de pH, turbidez y producción de gas en la campana Durham.

Al hacer esta verificación es importante asegurarse que la producción de gas sea resultado de la fermentación de la lactosa en cuyo caso se observará turbidez en el medio de cultivo y no confundir con burbujas de aire.

Para evitar este tipo de confusiones es recomendable revisar las campanas Durham antes de proceder a la inoculación y desechar aquellos que contengan burbujas de aire o de alguna manera eliminar éstas y así poder utilizarlos.

9. De los tubos que en esta primera lectura den positivos, ya se pueden hacer las pruebas confirmatorias para coliformes totales y coliformes fecales.
10. En caso de no apreciarse alguno o todos los cambios mencionados en el resto de los tubos, continuarán en incubación 24 horas más.
11. Después de 48 horas (\pm 2h) a partir de la inoculación, se hace la lectura final.
12. Si pasadas estas 48 h tampoco se aprecia turbidez ni producción de gas, los tubos se toman como negativos.

Interpretación:

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

Todos aquellos tubos que den positivos para prueba presuntiva se anotarán convenientemente y se procederá a realizar la prueba confirmatoria para Coliformes Totales y Fecales.

Prueba confirmatoria para coliformes totales:

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

Interpretación:

Si se observa turbidez y producción de gas:

- La prueba se considera positiva, debiendo anotar el número de tubos positivos para posteriormente hacer el cálculo del NMP.
- Si en ninguno de los tubos se observa producción de gas, aun cuando se observe turbidez:
- Se consideran negativos, estableciéndose el Código 0,0,0 para efecto del cálculo del NMP.

Prueba confirmatoria para coliformes fecales:

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

Interpretación:

Si se observa turbidez y producción de gas:

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

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

- Se reporta la ausencia de coliformes fecales.

2.3 Marco legal

1. Constitución política del Perú

CAPÍTULO II: DEL AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES

Artículo 67°: El Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales.

Artículo 69°: El Estado promueve el desarrollo sostenible de la Amazonía con una legislación adecuada. (Congreso Constituyente del Perú, 1993)

2. Ley de reforma constitucional que reconoce el derecho de acceso al agua como derecho constitucional.

Artículo único. Incorporación del artículo 7°-A de la Constitución Política del Perú

Incorpórase el artículo 7°-A de la Constitución Política del Perú, conforme al texto siguiente:

“Artículo 7°-A.- El Estado reconoce el derecho de toda persona a acceder de forma progresiva y universal al agua potable. El Estado garantiza este derecho priorizando el consumo humano sobre otros usos.

El Estado promueve el manejo sostenible del agua, el cual se reconoce como un recurso natural esencial y como tal, constituye un bien público y patrimonio de la Nación. Su dominio es inalienable e imprescriptible”.

3. Ley de Recursos Hídricos N° 29338

Artículo II. Finalidad.

La presente Ley tiene por finalidad regular el uso y gestión integrada del agua, la actuación del Estado y los particulares en dicha gestión, así como en los bienes asociados a esta.

Artículo III. Principios.

Algunos de los principios que rigen el uso y gestión integrada de los recursos hídricos son:

3.1. Principio de valoración del agua y de gestión integrada del agua.

El agua tiene valor sociocultural, valor económico y valor ambiental, por lo que su uso debe basarse en la gestión integrada y en el equilibrio entre estos. El agua es parte integrante de los ecosistemas y renovable a través del ciclo hidrológico.

3.2. Principio de prioridad en el acceso al agua.

El acceso al agua para la satisfacción de las necesidades primarias de la persona humana es prioritario por ser un derecho fundamental sobre cualquier uso, inclusive en épocas de escasez.

3.3. Principio de sostenibilidad.

El Estado promueve y controla el aprovechamiento y conservación sostenible de los recursos hídricos previniendo la afectación de su calidad ambiental y de las condiciones naturales de su entorno, como parte del ecosistema donde se encuentran.

El uso y gestión sostenible del agua implica la integración equilibrada de los aspectos socioculturales, ambientales y económicos en el desarrollo nacional, así como la satisfacción de las necesidades de las actuales y futuras generaciones. (Autoridad Nacional del Agua, 2009)

4. Ley N° 27972 Ley Orgánica de Municipalidades.

ARTÍCULO 80.- Saneamiento, Salubridad y Salud

4. Funciones específicas compartidas a las municipalidades distritales:

4.1 Administrar y reglamentar, directamente o por concesión el servicio de agua potable, alcantarillado y desagüe, limpieza pública y tratamiento de residuos sólidos, cuando esté en capacidad de hacerlo.

4.2. Proveer los servicios de saneamiento rural y coordinar con las municipalidades de centros poblados para la realización de campañas de control de epidemias y control de sanidad animal.

5. Decreto legislativo N° 1280, Ley marco de la gestión y prestación de los servicios de saneamiento.

Artículo III.- Principios

Acceso universal: El acceso a los servicios de saneamiento, en condiciones de eficiencia, sostenibilidad y calidad, es derecho de toda persona y es obligación del Estado asegurar su provisión por medio de prestadores que brinden los servicios en tales condiciones.

TÍTULO I: DE LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO

Artículo 1.- Prestación de los servicios de saneamiento

Para los efectos de la presente Ley, la prestación de los servicios de saneamiento comprende la prestación regular de: servicios de agua potable, alcantarillado sanitario, tratamiento de aguas residuales para disposición final o reúso y disposición sanitaria de excretas, en los ámbitos urbano y rural.

Artículo 2.- Sistemas y procesos que comprenden los servicios de saneamiento

Los servicios de saneamiento están conformados por sistemas y procesos, de acuerdo al siguiente detalle:

1. Servicio de Agua Potable:

a) Sistema de producción, que comprende los procesos de: captación, almacenamiento y conducción de agua cruda; tratamiento y conducción de agua tratada, mediante cualquier tecnología.

b) Sistema de distribución, que comprende los procesos de: almacenamiento, distribución, entrega y medición al usuario mediante cualquier tecnología. (...)

6. Decreto Supremo que aprueba el Reglamento del Decreto Legislativo N° 1280, Decreto Legislativo que aprueba la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento

En el artículo 10. Funciones de los gobiernos locales

10.2 En el ámbito rural, corresponde a la municipalidad distrital, y de modo supletorio a la municipalidad provincial, el cumplimiento de lo establecido en la Ley Marco y de conformidad con la Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades, ejercer las funciones señaladas en el párrafo precedente, en cuanto corresponda, así como:

1. Promover la conformación de las organizaciones comunales para la prestación de los servicios de saneamiento.
2. Administrar directamente los servicios de saneamiento o indirectamente a través de organizaciones comunales.
3. Reconocer y registrar a las organizaciones comunales u otras formas de organización, que se constituyan para la administración de los servicios de saneamiento.
4. Incluir en los planes de desarrollo municipal concertados y en el presupuesto participativo local, los recursos para el financiamiento de inversiones en materia de infraestructura de saneamiento.

5. Otras funciones que establezca el presente Reglamento y las normas sectoriales, así como las funciones específicas y compartidas que establece la Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades.

7. D.S. N°004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias. (Ministerio del Ambiente, 2017)

Artículo 1.- Objeto de la norma

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo.

Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como pre-cloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.

8. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA: Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales (Autoridad Nacional del Agua, 2016)

Los parámetros se seleccionarán en función a las actividades antropogénicas, fuentes contaminantes y teniendo en cuenta la Clasificación de los Recursos Hídricos del País.

- **Parámetros de medición de campo:** Turbiedad, pH, Temperatura, Conductividad.
- **Parámetros químico- Físico:** Demanda bioquímica del oxígeno, Oxígeno disuelto, Aceites y grasas, Nitrato, Nitrógeno amoniacal, Fosfatos, Aluminio, Arsénico, Boro, Bario, Cadmio, Cromo, Cobre, Mercurio, Manganeso, Níquel, Plomo, Cinc.
- **Parámetros microbiológicos:** Coliformes Termo-tolerantes, Escherichia coli, Organismos de vida libre.

2.4 Definición de términos

- Agua cruda

Agua en su condición natural, que no ha recibido ningún tratamiento. (Ministerio de vivienda contruccion y saneamiento, 2017)

- **Agua potable**

Agua apta para el consumo humano, de acuerdo con los requisitos físicos, químicos y microbiológicos establecidos por la normativa vigente. (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, 2017)

- **Sistema de abastecimiento de agua para consumo humano**

Es el conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas que son accionadas por procesos operativos, administrativos y equipos necesarios desde la captación hasta el suministro del agua. (Programa Nacional de Saneamiento Rural, 2017)

- **Monitoreo de la calidad del agua**

Es el seguimiento y verificación del grado de cumplimiento del valor (LMP) de los parámetros de calidad del agua para consumo humano establecido en la Norma Sanitaria D.S. 031-2010 SA, y de factores de riesgo en los sistemas de abastecimiento del agua. Cuando el valor de cloro residual esté por debajo del LMP ($< 0.5\text{mg/L}$) y turbiedad por encima del LMP ($>5\text{UNT}$), se tomarán muestras de agua para análisis bacteriológico. (Programa Nacional de Saneamiento Rural, 2017)

- **Muestra de agua**

Es el volumen de agua representativa para ser analizada según requerimiento del laboratorio o del método de ensayo específico en puntos del sistema de agua potable, de manera aleatoria. (Programa Nacional de Saneamiento Rural, 2017)

- **Muestreo de agua**

El muestreo de agua es una actividad dirigida a la recolección de una pequeña porción del total de la masa, de manera que represente lo más fidedignamente posible la calidad de la misma, en el lugar y en el momento de obtención de la muestra. La toma de muestras no sólo involucra el proceso de la obtención física de la muestra, sino también la caracterización

del ambiente del cual la muestra fue tomada. (Programa Nacional de Saneamiento Rural, 2017)

- **Cadena de custodia**

Es un documento fundamental en el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos que garantiza la autenticidad de las muestras tomadas en campo hasta su llegada al laboratorio.(Autoridad Nacional del Agua, 2016)

- **Época de avenida**

Mes del año en el cual el caudal mensual llega a su nivel máximo. (Autoridad Nacional del Agua, 2016)

- **Época de estiaje**

Mes del año en el cual el caudal mensual media llega a su mínimo. (Autoridad Nacional del Agua, 2016)

- **Estándar nacional de calidad ambiental para agua (ECA-Agua)**

Es el nivel de concentración máximo de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en los recursos hídricos superficiales que no presentan riesgo significativo para la salud de las personas ni contaminación del ambiente. (Autoridad Nacional del Agua, 2016)

- **Laboratorio acreditado**

Es el laboratorio que cuenta con el reconocimiento del Instituto Nacional de Calidad (INACAL) u otra entidad internacional equivalente que cumple con los requisitos establecidos en la norma International for Standardization (ISO) 17025, que establece los requisitos generales que deben cumplir los laboratorios de ensayo para acreditar su competencia. (Autoridad Nacional del Agua, 2016)

- **Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos**

Es el proceso que permite obtener la medición de la calidad de los cuerpos naturales del agua con objetivos de realizar el seguimiento y control de la exposición de los contaminantes y su afectación a los diferentes usos de agua y a los ecosistemas acuáticos. (Autoridad Nacional del Agua, 2016)

- **Análisis microbiológico del agua**

Son los procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para consumo humano para evaluar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos. (DIGESA, 2015)

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

La investigación se realizó en el la localidad Unión de Mamonaquihua del distrito de Cuñumbuqui. Este distrito es uno de los once distritos que conforman la provincia de Lamas en el departamento de San Martín. Su capital es la localidad de Cuñumbuqui ubicado a 228 msnm. La localidad Unión de Mamonaquihua se encuentra ubicado a una altura de 715 msnm en las coordenadas E: 332201; N: 9262213. El clima de la zona es cálido y la temperatura oscila entre los 22 a 34 grados centígrados, del mismo modo cuenta con una población total de 130 habitantes. (ver anexo 1)

3.1.1 Topografía

El distrito de Cuñumbuqui se encuentra ubicado en la cordillera subandina, de tierras cálidas a templadas, relieve montañoso y colinda con montañas bajas de laderas empinadas. Por lo tanto, la zona del monitoreo, se encuentra ubicado a una altura de 750 msnm, La topografía del terreno en este lugar es plana con medianas pendientes, parte del sector presenta topografía ondulada. El Tipo de suelo predominante hasta profundidades de 2 metros son arcillas limosas, a mayores profundidades se encuentran suelos de mediana granulometría semirosos.

3.1.2 Hidrología

En la zona de monitoreo existen 03 fuentes naturales de agua, la quebrada Mamonaquihua, la quebrada Nuevo Piura y la quebrada Naranjal las cuales posteriormente desembocan en el río Mayo. Las características de estos cuerpos de agua tienen de 1.00 a

3.00 metros de ancho de 0.80 a 1.00 metros de profundidad, el color del agua es cristalino y el lecho es pedregoso y arenoso, que en conjunto le dan las características de torrentosas.

3.1.3 Flora

A pesar de la deforestación que se ha presentado en este lugar todavía existen especies propias en la zona de monitoreo como: Shapaja, Poloponta, Tornillo, Quinilla, Bolaquiro, Cedro, Paliperro, Pinsha caspi, etc.

3.1.4 Fauna

A medida que la intervención del hombre se ha dado en este lugar las especies también han empezado a migrar por la poca vegetación existente, del mismo modo la alteración de los ecosistemas hace que sea más limitada la posibilidad de alimentación para la fauna. En la zona de monitoreo se han identificado las siguientes especies: picuro, carachupa, etc. En aves se tiene a las palomas, los gorriones, los estorninos, etc.

3.2 Población y Muestra

Población: el agua de la quebrada Naranjal.

Muestra: volumen de muestra de agua recolectado de la quebrada Naranjal en el punto del monitoreo de acuerdo a los parámetros del siguiente cuadro.

Tabla 2

Volumen de muestra por parámetros

PARAMETRO	Tipo de frasco	Volumen de Muestra
Color	Plástico	500 mL
Turbiedad	Plástico	100 mL
Conductividad	Plástico	500 mL
Oxígeno disuelto	Vidrio	300 mL
DBO5	Vidrio	1000 mL
Aceites y grasas	Plástico	1000 mL
Nitratos	Plástico	100 mL
Fosfatos	Plástico	1000 mL
Amoniaco/Nitrógeno Amoniacal	Plástico	500 mL
Arsénico	Plástico	300 mL
Boro	Plástico	100 mL
Bario	Plástico	250 mL
Cadmio	Plástico	500 mL
Cromo	Plástico	500 mL
Cobre	Plástico	500 mL
Mercurio	Plástico	100 mL
Manganeso	Plástico	500 mL
Níquel	Plástico	500 mL
Plomo	Plástico	500 mL
Zinc	Plástico	500 mL
Coliformes Termotolerantes	Vidrio (E)	200 mL
Escherichia Coli	Vidrio (E)	200 mL
Organismos de vida libre	Vidrio (E)	1000 mL

Fuente: Adaptado de Vásquez (2010)

3.3 Diseño de investigación

Para el desarrollo de esta investigación se seleccionó un diseño no experimental-transversal descriptivo. Estos estudios se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos en un momento único. (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014, p.154)

3.4 Hipótesis

De acuerdo con Hernández, Fernández, y Baptista (2014), las investigaciones descriptivas solo llevan hipótesis cuando se pronostica el valor de una variable. Siendo que en el estudio de caracterización del agua de la quebrada Naranjal se determinó el valor de cada parámetro (físicos, químicos y biológicos), de manera descriptiva; por lo tanto, el estudio no tendrá hipótesis.

3.5 Materiales y equipos utilizados

Los principales materiales, equipos e instrumentos utilizados en las etapas de estudio son los siguientes:

Materiales

- Formatos de campo
- Libreta de campo
- Plumón indeleble
- Guantes descartables
- Cooler
- Materiales de escritorio
- Movilidad

Equipos

- Cámara fotográfica
- Laptop
- GPS (GARMIN OREGON 750)
- Medidor Multiparámetro

Antes del inicio del trabajo de campo se verificó la operatividad y calibración de los equipos portátiles (GPS, Multiparámetro), de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante. (Ver anexo 15)

Indumentaria de Protección

- Zapatos de seguridad
- Casco
- chaleco

3.6 Metodología de monitoreo

En el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM en el apartado DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES, segunda disposición: del Monitoreo de la Calidad Ambiental del Agua menciona: “Las acciones de vigilancia y monitoreo de la calidad del

agua debe realizarse de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado por la Autoridad Nacional del Agua”.

Por lo tanto, la metodología de monitoreo para la presente investigación se realizó de acuerdo a los criterios generales descritos en el capítulo 6 del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado mediante Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA en el cual se establece los criterios generales para el desarrollo del monitoreo de la calidad de los recursos hídrico superficiales, que considera la logística mínima necesaria, planificación, ejecución y aseguramiento de la calidad del muestreo.

Asimismo, también se tuvo en cuenta algunas consideraciones establecidas en el protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano aprobada mediante la Resolución Directoral N° 160-2015-DIGESA/SA, cuyos contenidos deberá ser de aplicación y referente obligatorio para desarrollar actividades similares a monitoreo de calidad de recursos hídricos.

3.6.1. Recursos humanos

Los recursos humanos necesario para el monitoreo de calidad de agua según el protocolo debe contar como mínimo con dos (02) personas, a fin de que se realice una distribución homogénea de las actividades en campo.

Los monitoreos de la siguiente investigación fueron realizados por el Bachiller Abel Rivera Cervantes y Bachiller Norbil Garcia Silva, personal que cuenta con la alta capacidad y conocimiento sobre la toma de muestras, preservación, transporte y todos los puntos que se mencionan en el protocolo antes mencionado, asimismo conocedores de la zona de muestreo y los lugares de acceso a la localidad Unión de Mamonaquihua.

3.6.2. Ubicación del punto de muestreo

Para definir el punto de muestreo se tuvo en cuenta la caracterización general y detallada de la quebrada en evaluación, asimismo también se tuvo en cuenta los siguientes criterios:

- **Identificación:** El punto de muestreo fue identificado y reconocido claramente mediante el sistema de posicionamiento satelital (GPS), (ver anexo 2 y 6).
- **Accesibilidad:** El acceso al punto de muestreo es por vía terrestre a través de la carretera Fernando Belaunde Terry - Sur, en el tramo Tarapoto - Juan Guerra - Yacucatina, a la altura del Km. 644, pasando el puente Colombia, existe una carretera de penetración hacia el lado derecho en el sector Yacucatina, con una distancia de 50 km, para acceder a la localidad Unión de Mamonaquihua, la toma de la muestra de agua se realizará en la quebrada Naranjal a 1 km aguas arriba de dicha localidad. (ver anexo 6).
- **Representatividad:** Con la finalidad de que las muestras sean representativas se ha elegido el punto de muestreo donde el cuerpo de agua no se vea influenciada por actividades humanas, (ver anexo 6).

El punto de muestreo se identificó y se reconoció claramente con el uso del equipo GPS Marca: GARMIN; Modelo: OREGON 750, las coordenadas del punto de monitoreo fueron registradas en unidades UTM, (ver anexo 3 y 4).

3.6.3. Frecuencia de monitoreo

El Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales afirma que la frecuencia de muestreo depende del tipo de cuerpo de agua que se pretenda monitorear, también describe algunos criterios para el establecimiento de la frecuencia de muestreo y uno de ellos es que se debe considerar la estacionalidad de la cuenca (épocas de avenida y de estiaje). Por lo tanto, en esta investigación se consideró estos criterios y los de la Autoridad Local del Agua – Huallaga - San Martín, el cual recomendó hacer el monitoreo

en época de estiaje (mayo-noviembre), debido a que durante esta época el recurso hídrico presenta sus mejores condiciones y así mediante la evaluación de resultados poder definir si puede ser utilizado para consumo humano, por lo tanto el monitoreo se realizó en el mes de noviembre, es decir en época de estiaje. Finalmente se descartó el monitoreo en época de avenida ya que estos resultados solo sirven para hacer los cálculos de diseño de una planta de tratamiento.

3.6.4. Tipo de muestra de agua

El tipo de muestra utilizada para esta investigación es muestra simple, a este tipo de muestra también se le denomina discreta. Consiste en la toma de una porción de agua en un punto o lugar determinado para análisis individual. Representan las condiciones y características de la composición original del cuerpo de agua para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en el instante en el que se realizó su recolección. Las características de un cuerpo de agua está adecuadamente representada por muestras simples, como en el caso de aguas de suministro, aguas subterráneas, algunos casos de aguas superficiales.

3.6.5. Parámetros para monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales

El protocolo nacional de recursos hídricos menciona los parámetros mínimos a considerar para un monitoreo de calidad de agua, asimismo el MINAM recomienda hacer uso de esta lista de parámetros (Color verdadero, Turbidez, pH, Temperatura, Conductividad, Oxígeno disuelto, DBO5, Aceites y grasas, Nitratos, Amoníaco/Nitrógeno amoniacal, Arsénico, Boro, Bario, Cadmio, Cromo, Cobre, Fosfatos, Mercurio, Manganeso, Níquel, Plomo, Zinc, Coliformes termotolerantes, Escherichia coli y Organismos de vida libre).

Esta lista ha sido comparada con los parámetros que han sido modificados por categoría de uso, y se pudo verificar que la lista de parámetros se mantendría, y una de las razones sería que no existe ningún parámetro que se haya retirado o incorporado en la totalidad de

las subcategorías de uso de cualquiera de las categorías del ECA para agua, salvo el caso de los coliformes totales que no aparece en la lista de parámetros del protocolo de ANA; por lo tanto, estos parámetros y valores fueron utilizados para la evaluación de la calidad de agua de la quebrada Naranjal de la localidad Unión de Mamonaquihua.

En la siguiente tabla N° 3 se enumeran los parámetros evaluados y se hace la comparación de valores establecidos en los decretos antes mencionados:

Tabla 3

Parámetros mínimos recomendados para monitoreo de aguas superficiales.

PARAMETROS	UNIDADES	DS 015-2015 MINAM			DS 004-2017 MINAM		
		CATEGORIA 1-A			CATEGORIA 1-A		
		A1	A2	A3	A1	A2	A3
Color verdadero	UC	15	100	**	15	100	**
Turbidez	NTU	5	100	**	5	100	**
pH	Unidades de Ph	6.5-8.5	5.5-9.0	5.5-9.0	6,5 – 8,5	5,5 –9,0	5,5-9,0
Temperatura	°C	Δ3	Δ3	**	Δ3	Δ3	**
Conductividad	(μS/cm)	1500	1600	**	1500	1600	**
Oxígeno disuelto	mg/L	≥6	≥5	≥4	≥6	≥5	≥4
DBO ₅	mg/L	3	5	10	3	5	10
Aceites y grasas	Mg/L	0.5	1.7	1.7	0.5	1.7	1.7
Nitratos	mg/L	50	50	50	50	50	50
Amoniaco (Nitrógeno amoniacal)	mg/L	1,5	1,5	**	1,5	1,5	**
Arsénico	mg/L	0.01	0.01	0.15	0.01	0.01	0.15
Boro	mg/L	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
Bario	mg/L	0.7	1	**	0.7	1	**
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01	0,003	0,005	0,01
Cromo	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Cobre	mg/L	2	2	2	2	2	2
Fosfatos	mg/L	0.1	0.15	0.15	0.1	0.15	0.15
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5
Níquel	mg/L	0,7	**	**	0,7	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	0,05	0,05
Zinc	mg/L	3	5	5	3	5	5
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	20	2000	2000	20	2000	2000
Escherichia coli	NMP/100 ml	0	**	**	0	**	**
Organismos de vida libre	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶
** (No aplica)							
Δ (Variación)							

Fuente: Elaboración propia, 2017

3.6.6. Seguridad en el trabajo de campo

En el muestreo de agua que se realizó en la quebrada Naranjal, no existió riesgos considerables que pudo afectar la seguridad y la salud del personal de campo, puesto que la ubicación del punto de muestreo fue seleccionado de tal modo que garantizó el acceso y la toma de muestra de agua en condiciones seguras.

Sin embargo, con la finalidad de prevenir daños personales y de los materiales y/o equipos durante el monitoreo realizado, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- El personal que desarrolló el trabajo de campo (muestreo) contó con la indumentaria y el equipo de protección personal (EPP) necesario para la ejecución de la actividad.

3.6.7. Rotulado y etiquetado

El rotulado y etiquetado de los envases se hizo antes de ir al campo para el muestreo, utilizando plumón indeleble. La información básica registrada en el etiquetado es principalmente: punto de muestreo, hora de muestreo, fecha, nombre del muestreador, tipo de análisis a realizar. (ver anexo 5 y 9). En la foto que se muestra a continuación, se observa los frascos utilizados y el etiquetado de los frascos.



Figura 1. Frascos para muestreo y labor de etiquetado

Fuente propia (2017)

3.6.8. Medición del caudal

Para la medición del caudal del agua, se aplicó el método recomendado por el mismo protocolo nacional-ANA, (método del flotador). A continuación, se describen las recomendaciones realizadas para la medición del caudal.

- Se buscó el tramo del cuerpo de agua más cercano al punto de monitoreo que presente un cauce lo más homogéneo posible.
- Se retiró los materiales u objetos que obstruyan el paso de agua.
- Se realizó las lecturas de velocidad en los márgenes izquierdo, derecho y centro del cuerpo de agua y el largo de la línea transversal utilizando una baliza flotante (boya)
- Se tomó las medidas de las alturas respectivas en cada punto de medición de velocidad.
- Se realizó la medición del ancho del cuerpo de agua usando una cinta métrica (wincha).
- Se midió la sección transversal A
- Se extendió una cuerda entre ambas orillas para medir la longitud.
- También se midió las profundidades a lo largo del cauce tomando como referencia la cuerda
- Se estimó el área de la sección transversal

Medición del caudal: $Q=m^3/s$

El cálculo del caudal se realizó al multiplicar el área de la sección transversal (A) por la velocidad obtenida(V)

$$Q = V \times A$$

Donde: V= velocidad

A: área de la sección transversal

3.6.9. Medición de los parámetros de campo

Los parámetros que se midieron en campo son pH, conductividad y temperatura, (ver anexo 7 y 10). Para la medición de los parámetros en campo se tuvo en cuenta las siguientes recomendaciones:

- En el caso de ríos accesibles y de bajo caudal, se recomienda tomar los parámetros de campo directamente en el cuerpo de agua, caso contrario utilizar un balde limpio y transparente.
- Se limpió los equipos de muestreo inmediatamente después de su uso, a fin de evitar posibles contaminaciones y deterioro.
- Para la limpieza exterior de los equipos de muestreo es recomendable lavarlos con suficiente agua destilada/desionizada, sin causar daños internos que puedan alterar las características de los diferentes componentes.
- Es importante llevar a campo las herramientas necesarias y apropiadas para efectuar la limpieza de los equipos que lo requieran.

3.6.10. Procedimiento para la toma de muestras

El procedimiento que se usó para la toma de muestras fue el mismo que se describe en el protocolo nacional de la Autoridad Nacional del Agua, (2016) en el apartado 6.15 inciso a (Toma de muestras en ríos o quebradas con bajo caudal), donde afirma que este criterio es aplicable para ríos de bajo caudal o de poca profundidad, donde exista fácil acceso de ingreso al río, (ver anexo 11). Asimismo se consideró las recomendaciones generales establecidas por DIGESA (2015), donde menciona que antes de iniciar el muestreo se debe verificar que, todo el personal que manipuló los equipos de toma de muestra, los recipientes y frascos o los reactivos de preservación, se colocasen guantes descartables, mascarilla y gafas protectoras, de acuerdo al siguiente procedimiento:

1. El personal responsable se colocó las botas de jebe y los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestras de agua.
2. También se ubicó en un punto medio de la corriente principal, donde la corriente sea homogénea, evitando aguas estancadas y poco profundas.
3. Se midió los parámetros de campo directamente en el río.
4. Antes de coleccionar las muestras, los frascos se enjuagaron como mínimo dos veces, a excepción de los frascos para el análisis de los parámetros microbiológicos.
5. Se cogió la botella por debajo del cuello, y fue sumergida en dirección opuesta al flujo de agua.
6. Se consideró un espacio de alrededor de 1 % aproximadamente de la capacidad del envase para aquellos parámetros que requieran preservación.
7. Para muestras microbiológicas se dejó un espacio del 10% del volumen del recipiente para asegurar un adecuado suministro de oxígeno para las bacterias.
8. Para el parámetro demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), el frasco se llenó lentamente en su totalidad para evitar la formación de burbujas.
9. Se evitó en lo posible coleccionar suciedad, películas de la superficie o sedimentos del fondo.
10. Se utilizó guantes en todo momento de la toma de muestra.

3.6.11. Preservación, almacenamiento, conservación y transporte de la muestra

a. Preservación

Una vez tomada la muestra de agua, se procedió inmediatamente a acondicionar el cooler para el transporte de las muestras, asimismo se respetó la guía de instrucciones recomendadas por Laboratorio Servicios Analíticos Generales SAC, el cual recomendó los siguientes criterios:

- **Para el análisis bacteriológico:** Se utilizó hielo en forma de ice pack para refrigeración, que fueron colocados al costado de los frascos de vidrio, dentro del cooler.
- **Para análisis fisicoquímico:** Esto dependió del tiempo para el transporte de la muestra hasta el laboratorio siempre cuando no sea mayor a 24 horas no se utilizó ningún preservante.

Llenado de la cadena de custodia

Para el llenado de la cadena de custodia, como mínimo se consideró los siguientes datos:

- Nombre de la institución que realiza el monitoreo
- Nombre de la persona y/o responsable de la toma de muestras
- Nombre del proyecto y/o del monitoreo
- Código del punto de monitoreo o muestra
- Clasificación de la matriz de agua (quebrada)
- Fecha y hora del muestreo
- Número y tipo de envases
- Preservación de la muestra
- Lista de parámetros a analizar por cada muestra.
- Firma de la persona responsable del monitoreo
- Observaciones en campo, como condiciones climáticas particulares, anomalías organolépticas del agua, actividades o condiciones insólitas en el lugar de monitoreo

Finalmente, para su ingreso al laboratorio de análisis, las muestras fueron acompañadas de la cadena de custodia debidamente llenada y protegida en un sobre plastificado a fin de evitar que se deteriore. (ver anexo 8).

b. Almacenamiento, conservación y transporte de las muestras

Los frascos fueron almacenados dentro de cajas térmicas (coolers) de forma vertical para que no ocurran derrames ni se expongan a la luz del sol. Asimismo, los recipientes de vidrio fueron embalados con la debida precaución para evitar roturas y derrames durante el transporte, (ver anexo 12).

Para su conservación, las muestras recolectadas fueron acondicionadas en cajas térmicas (coolers) bajo un adecuado sistema de enfriamiento ($5^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$), adicionando refrigerante (hielo) que fueron colocados en bolsas herméticas.

Finalmente, el envío y traslado de las muestras al laboratorio desde el lugar de muestreo a Tarapoto estuvo a cargo de los responsables del muestreo y fue mediante transporte terrestre, luego desde la ciudad de Tarapoto fueron enviados al laboratorio de Lima usando el transporte aéreo; en todo momento se mantuvo la comunicación con los responsables para así garantizar las condiciones del tiempo de almacenamiento máximo de cada parámetro.

3.6.12. Métodos de análisis

Las muestras de agua fueron analizadas de acuerdo a los parámetros solicitados o necesarios para la presente investigación, asimismo los servicios de análisis se realizaron por un laboratorio acreditado por INACAL, en este caso laboratorio SAG. (Ver anexo 13)

El laboratorio Servicios Analíticos Generales SAC utilizaron varios métodos de análisis, las cuales se describen en la tabla N° 4:

Tabla 4

Métodos de análisis realizado por laboratorio SAG

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Aceites y grasas (HEM)	EPA-821-R-10-001 Method 1664 Rev. B. N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry. 2010	0.5(b)	mg/L
Color	SM 2120 C. Spectrophotometric - Single-Wavelength Method (PROPOSED)	5	CU
Conductividad	SM 2510 B. Conductivity. Laboratory Method.	---	µS/cm
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO5)	SM 5210 B. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.	2.00(b)	mg/L
Fosfatos (PO4-3)	SM 4500-P E. Phosphorus. Ascorbic Acid Method.	0.020	PO4-3 mg/L
Nitratos	SM 4500-NO3- B. Nitrogen (Nitrate). Ultraviolet Spectrophotometric Screening Method.	0.030	NO3- - N mg/L
Nitrógeno Amoniacal / NH3	SM 4500-NH3- D. Nitrogen. Ammonia-Selective Electrode Method.	0.020	NH3+-N mg/L
Oxígeno Disuelto OD	SM 4500-O C. Oxygen (Dissolved). Azide Modification.	0.5(b)	O2 mg/L
Turbiedad	SM 2130 B. Turbidity. Nephelometric Method. 2012	0.70	NTU
Numeración de Coliformes Fecales	SM 9221 E-1 Multiple-Tube Fermentation. Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.	1.8(a)	NMP/100mL
Numeración de <i>Escherichia coli</i>	SM 9221 G. (Ítem 2) Multiple-Tube Fermentation. Technique for Members of the Coliform Group. Other <i>Escherichia coli</i> Procedures (PROPOSED).	1.8(a)	NMP/100mL
ORGANISMOS DE VIDA LIBRE			
Fitoplancton (Algas) + Zooplancton (protozoarios, copépodos, rotíferos y nemátodos)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10200 C.1.2, F.2. a, c.1, Plankton. Concentration Techniques. Phytoplankton Counting Techniques / Part 10200 G, Plankton. Zooplankton Counting Techniques. 22nd Edition.	1	Org./L
Metales totales (Arsénico, Bario, Boro, Cadmio, Cromo, Cobre, Plomo, Manganese, Mercurio, Niquel, Zinc).	EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994		mg/L

L.C.: límite de cuantificación.
(a) Límite de detección del método para estas metodologías por ser semicuantitativas.
(b) Expresado como límite de detección del método.

Fuente: Laboratorio Servicios Analíticos Generales,g 2017

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Medición de parámetros de campo

4.1.1 Caudal

Por las características que presenta el cauce de la quebrada Naranjal se aplicó el método de aforo (flotador) para la medición de caudal; en dicho proceso se tuvo en cuenta el protocolo establecido por la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

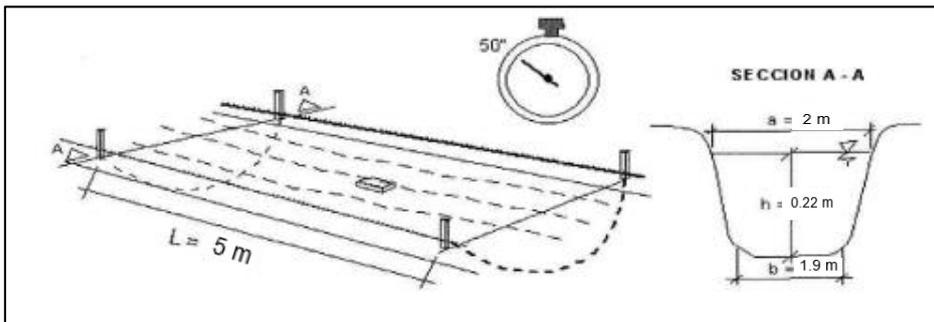


Figura 2. Medición de caudal según método de flotador

Donde:

Velocidad (m/s) = largo sección (m) / tiempo en recorrerla (s)

$$= 5/3 = 1,66 \text{ m/s}$$

Área de la sección (m²) = (a+b) * h/2

$$= (2+1.9) * 0.22/2$$

$$= 0.429 \text{ m}^2$$

Factor de corrección (C) = 0.85

Caudal (l/s) = V * A * (C)

$$= 1.66 * 0.429 * (0.85)$$

$$= 60 \text{ l/s}$$

4.1.2 Temperatura

Según el Senamhi (2007), la temperatura del agua, varía de acuerdo al clima de la zona y a las influencias del entorno y el resultado obtenido de la evaluación de la temperatura de la quebrada Naranjal se presenta en la figura N° 5, que se muestra a continuación.

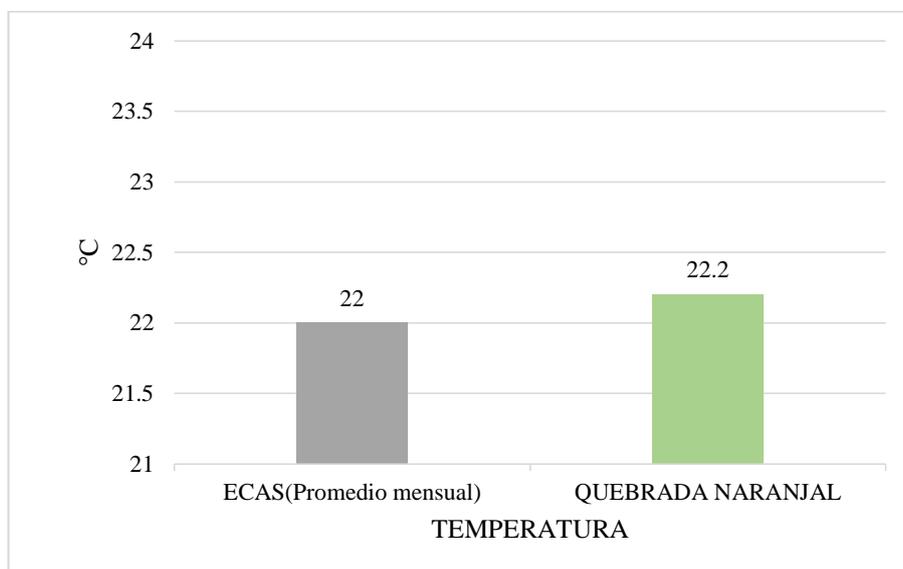


Figura 3. Medición de temperatura

Fuente. Elaboración propia (2017)

Comparando con la temperatura promedio mensual de la zona (22°C); y teniendo en cuenta que para la categoría A1 el resultado obtenido está dentro del margen de $\pm 3^{\circ}\text{C}$ se tiene que el dato obtenido es de 22.2°C, lo cual está dentro de lo estipulado por el ECA. (ver anexo 10)

4.1.3 Conductividad

La conductividad eléctrica (CE) puede definirse como la aptitud de ésta para transmitir la corriente eléctrica, de los iones presentes y de la viscosidad del medio en el que éstos han de moverse.

El resultado obtenido de la evaluación de la conductividad eléctrica de la quebrada Naranjal, se presenta en la figura N° 4, que se muestra a continuación.

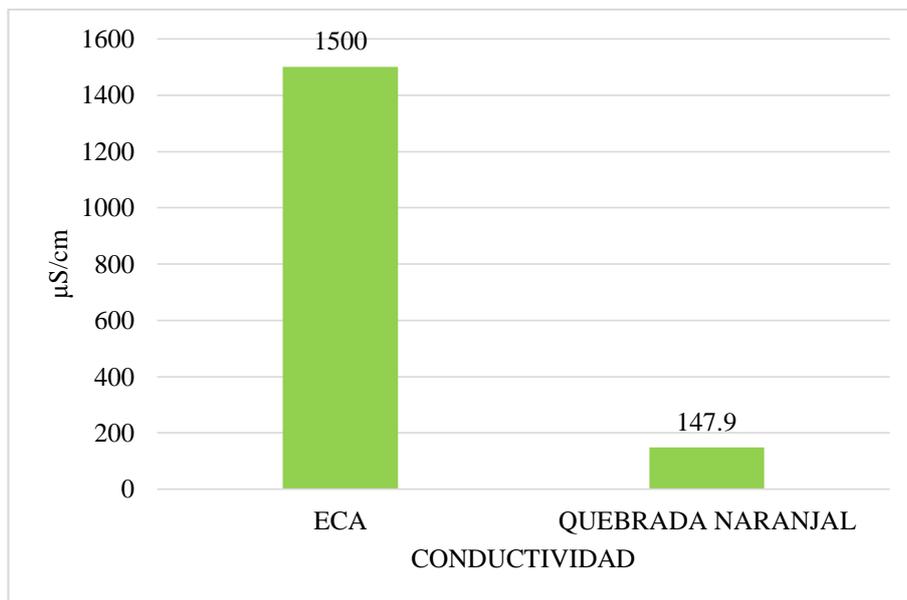


Figura 4. Medición de conductividad

Fuente. Elaboración propia (2017)

Comparando con la norma existente; el punto de muestreo corresponde a la categoría A1 con un valor de 147.9 µS/cm, que está por debajo de lo establecido en el ECA (1500 µS/cm); En aguas superficiales la facilidad de transporte iónico o conductividad aumentará a medida que se eleva la temperatura. (Navarro, 2013)

4.1.4 pH

El ph de las aguas naturales se debe a la composición de los terrenos atravesados, así pues, el pH alcalino indica que estos son calizos, un pH ácido que son silíceos. El pH del agua natural depende de la concentración de anhídrido carbónico, consecuencia de la mineralización de las sales presentes en el agua. (Senamhi, 2007)

El resultado obtenido de la evaluación del pH de la quebrada Naranjal (ver anexo 10), se presenta en la figura N° 5, que se muestra a continuación.

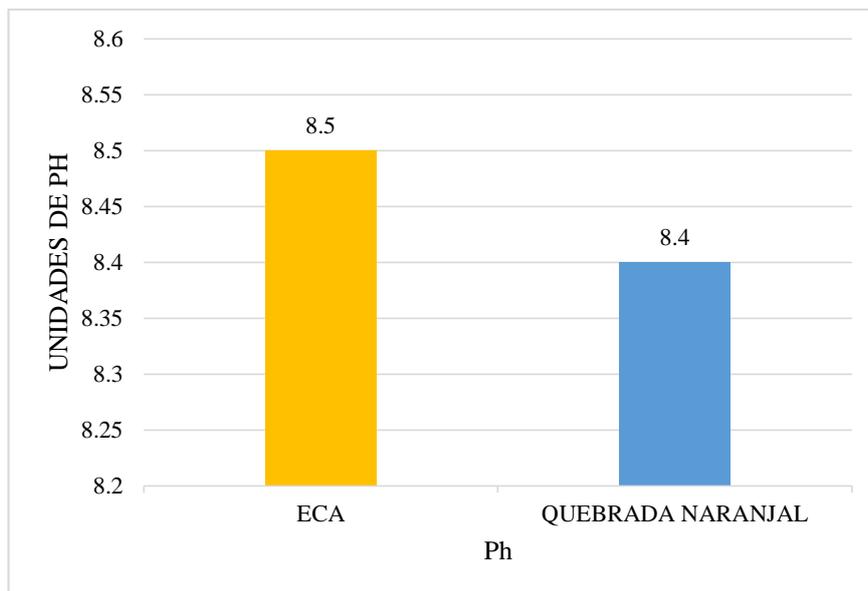


Figura 5. Concentración de pH

Fuente. Elaboración propia (2017)

Comparando con la norma existente; el punto de muestreo corresponde a la categoría A1 con un valor de 8.4, que está en el límite de lo establecido por el ECA (6.5-8.5); los suelos de la zona del punto de muestreo son alcalinos; motivo por el cual se han obtenido dicho resultado.

4.2 Análisis físico químico

4.2.1 Color verdadero

El color verdadero se examina en el agua de uso doméstico e industrial, como parámetro de aceptación la de ser incolora, pero en la actualidad, gran cantidad del agua disponible se encuentra colorida y se tiene el problema de que no puede ser utilizada hasta que no se le trata removiendo dicha coloración.

El resultado obtenido de la evaluación del color verdadero de la quebrada Naranjal se presenta en la figura N° 6, que se muestra a continuación.

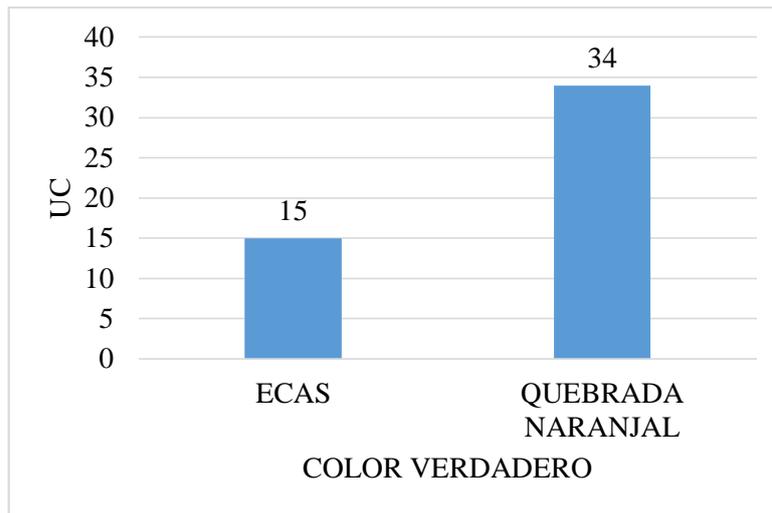


Figura 6. Medición de color verdadero

Fuente. Elaboración propia (2017)

Comparando con la norma existente; el punto de muestreo corresponde a la categoría A1 con un valor de 34 UC, que excede lo establecido en el ECA (15 UC); las aguas superficiales pueden estar coloridas debido a la presencia de iones metálicos naturales (hierro y manganeso), humus, materia orgánica y contaminantes domésticos e industriales como en el caso de las industrias de papel, curtido y textil; esta última causa coloración por medio de los desechos de teñido, los cuales imparten colores en una amplia variedad y son fácilmente reconocidos y rastreados

4.2.2 Turbidez

Los contaminantes que causan turbiedad en el agua son las partículas en suspensión, tales como arcilla, minerales, sedimento, materia orgánica e inorgánica finamente dividida. El agua muestreada en el punto de monitoreo presenta estas características.

El resultado obtenido de la evaluación de la turbidez de la quebrada Naranjal se presenta en la figura N° 7, que se muestra a continuación.

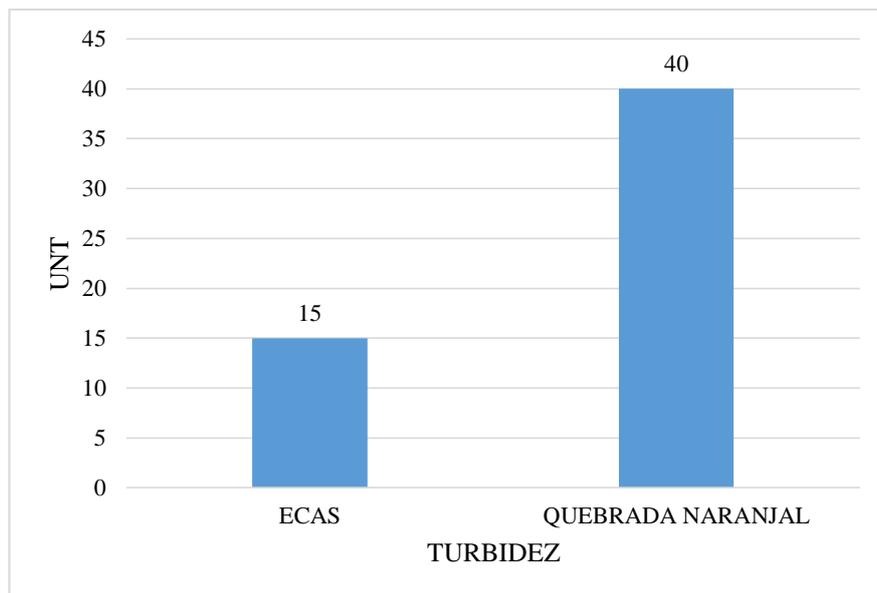


Figura 7. Concentración de Turbidez

Fuente. Elaboración propia (2017)

Comparando con la norma existente; el punto de muestreo corresponde a la categoría A1, presentando un valor de 40 UNT, que sobrepasa al Estándar de Calidad Ambiental para aguas - ECA (5 UNT) y esto se debe a que el agua presenta partículas en suspensión y en forma de coloides.

4.2.3 Oxígeno disuelto

El O.D proviene de la mezcla del agua con el aire, ocasionada por el viento y en la mayoría de los casos por la turbulencia y por las características propias de fuente (rocosas), El O.D es un parámetro muy relacionado con la temperatura del agua y disminuye con ella. (Navarro, 2013)

El resultado obtenido de la evaluación del oxígeno disuelto de la quebrada Naranjal se presenta en la figura N° 8, que se muestra a continuación:

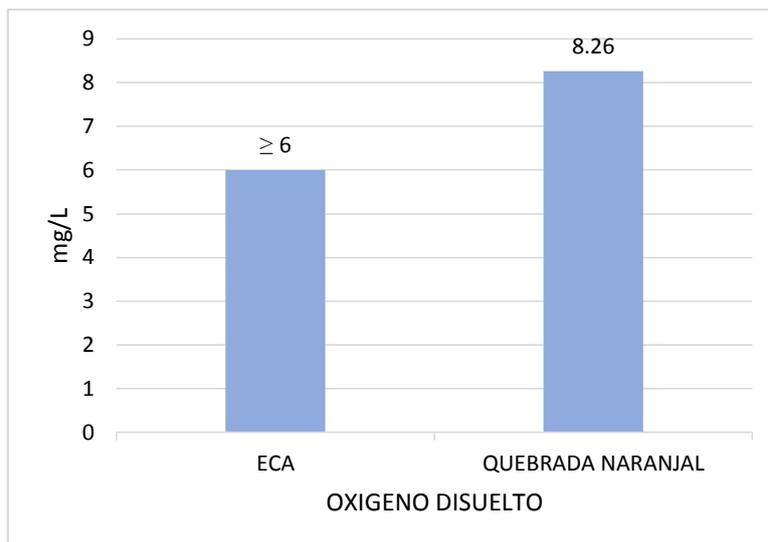


Figura 8. Concentración de oxígeno disuelto

Fuente. Elaboración propia (2017)

Comparando con la norma existente; el punto de muestreo corresponde a la categoría A1 con un valor de 8.26 mg/L, que está por encima de lo establecido en el ECA (≥ 6 mg/L); en las aguas superficiales el oxígeno disuelto (OD) es fundamental, ya que es generado por los productores primarios y captado por el intercambio atmosférico por un lado y consumido por los organismos aeróbicos por el otro, los cuales lo utilizan para su síntesis energética; limitando o favoreciendo con la abundancia o escasez de este parámetro la presencia y/o ausencia de organismos acuáticos. (Armas, 2009)

4.2.4 DBO5

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

El resultado obtenido de la evaluación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de la quebrada Naranjal se presenta en la figura N° 9, que se muestra a continuación.

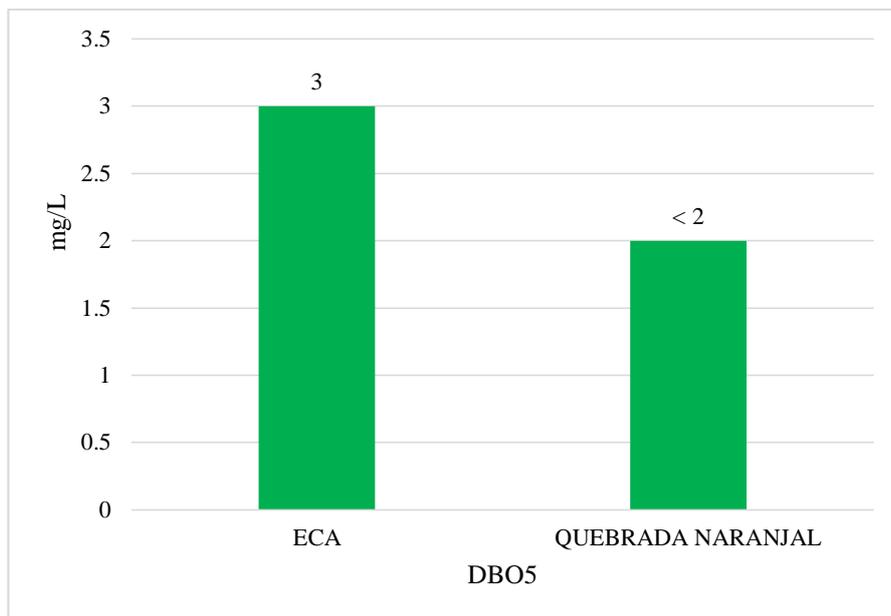


Figura 9. Concentración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno

Fuente. Elaboración propia (2017)

Comparando con la norma existente; el punto de muestreo corresponde a la categoría A1 con un valor de < 2 mg/L, que está por debajo de lo establecido en el ECA (3 mg/L); en las aguas superficiales esto indica que no existe un determinado grado de contaminación o afectación a la fuente.

4.2.5 Aceites y grasas

Los aceites y grasas son dañinos para la biota por formar una película alrededor de los organismos e interfieren, por ejemplo, con la respiración de los peces. Estos contaminantes también tienen un efecto estético indeseable.

El resultado obtenido de la evaluación de aceites y grasas de la quebrada Naranjal se presenta en la figura N° 10, que se muestra a continuación.

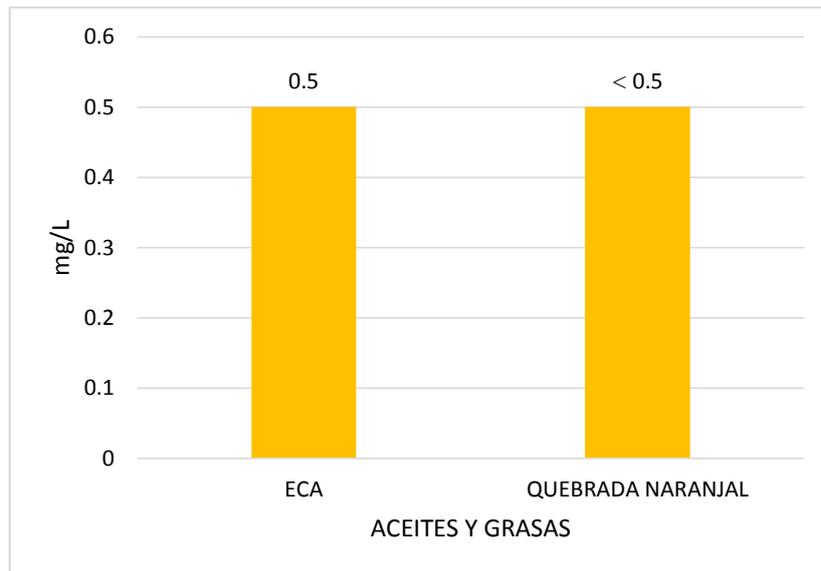


Figura 10. Concentración de Aceites y Grasas

Fuente. Elaboración propia (2017)

Comparando con la norma existente; el punto de muestreo corresponde a la categoría A1 con un valor de < 0.5 mg/L, que está por debajo de lo establecido en el ECA (0.5 mg/L); en las aguas superficiales su presencia es fácilmente visible a simple vista y tienen como principales fuentes de contaminación la agricultura, industria, minería, etc.

4.2.6 Nitratos

Los nitratos se forman en la naturaleza por la descomposición de los compuestos nitrogenados como las proteínas, la urea etc. En esta descomposición se forma amoníaco o amonio respectivamente. Los nitratos y nitritos son iones que existen de manera natural y que forman parte del ciclo del nitrógeno. El resultado obtenido de la evaluación de Nitratos de la quebrada Naranjal se presenta en la figura N° 11, que se muestra a continuación.

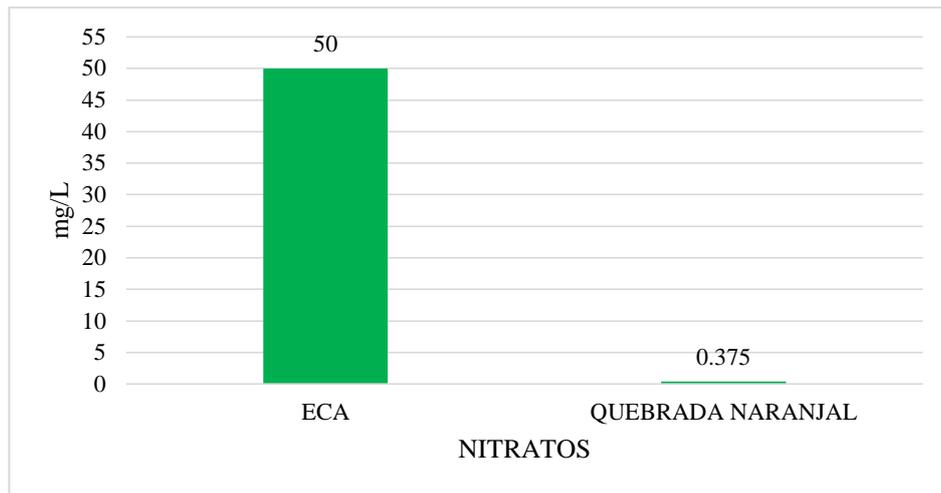


Figura 11. Concentración de Nitratos

Fuente. Elaboración propia (2017)

Comparando con la norma existente; el punto de muestreo corresponde a la categoría A1 con un valor de 0.375 mg/L, que está por debajo de lo establecido en el ECA (50 mg/L); la presencia de nitrato en las aguas superficiales, conjuntamente con fosfatos, determina la eutrofización, que se caracteriza por un excesivo crecimiento de las algas.

La organización Mundial de la Salud (OMS) fija el límite de nitrato en el agua de consumo humano en 50mg/L de nitrato. En cambio, la Agencia para la protección del medio Ambiente de Norteamérica (EPA) sitúa este límite en 10mg/L de nitrato. Por su parte la Comunidad Europea fijan los niveles máximos permitidos de nitratos en 50 mg/L.(Vásquez, 2010)

4.2.7 Nitrógeno amoniacal

La presencia de este parámetro se debe a que las aguas poseen carga orgánica, que al descomponerse generan amoníaco que es la fuente de nitrógeno; que posiblemente provengan de excrementos de animales, putrefacción de plantas, aguas residuales agrícolas que son arrastrados principalmente por escorrentía. El resultado obtenido de la evaluación de Nitratos de la quebrada Naranjal se presenta en la figura N° 12, que se muestra a continuación.

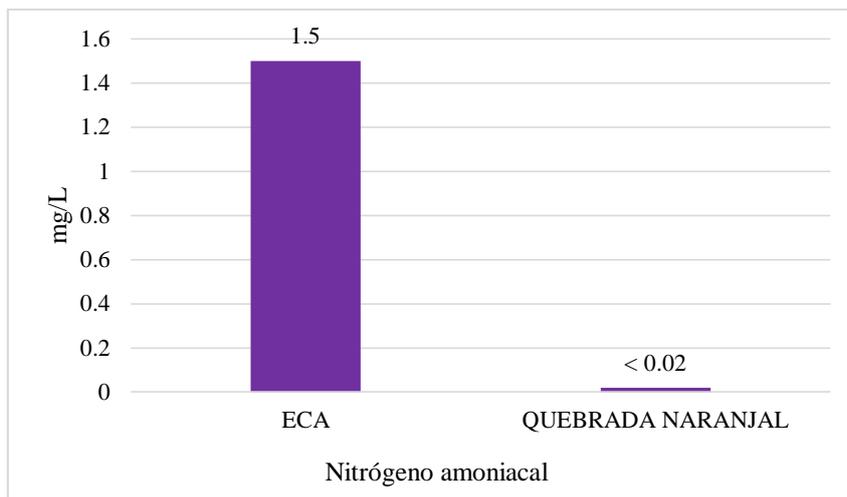


Figura 12. Concentración de nitrógeno amoniacal

Fuente. Elaboración propia (2017)

Comparando con la norma existente; el punto de muestreo corresponde a la categoría A1 con un valor de <math>< 0.02\text{ mg/L}</math>, que está por debajo de lo establecido en el ECA (1.5 mg/L).

4.2.8 Fosfatos

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

El resultado obtenido de la evaluación de Nitratos de la quebrada Naranjal se presenta en la figura N° 12, que se muestra a continuación.

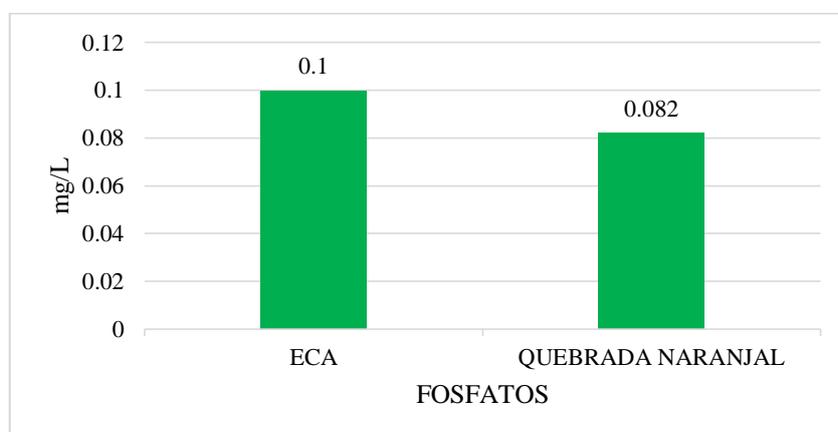


Figura 13. Concentración de fosfatos

Fuente. Elaboración propia (2017)

Comparando con la norma existente; el punto de muestreo corresponde a la categoría A1 con un valor de 0.082 mg/L, que está por debajo de lo establecido en el ECA (0.1 mg/L); en las aguas superficiales de zonas rurales su presencia tiene como principales fuentes de contaminación la agricultura por el uso excesivo de fertilizantes.

4.2.9 Metales pesados

Los resultados obtenidos de los parámetros se observan en el siguiente cuadro:

Tabla 5

Concentraciones de metales pesados

PARAMETROS	MUESTRA	
	RESULTADO (mg/L)	ECA (mg/L) CATEGORIA 1
		-A
Arsénico	<0.001	0.01
Boro	0.002	2.4
Bario	0.057	0.7
Cadmio	<0.0004	0,003
Cromo	<0.0004	0,05
Cobre	<0.0007	2
Mercurio	<0,001	0,001
Manganeso	0.0164	0,4
Níquel	<0.0006	0,7
Plomo	0.0011	0,01
Zinc	<0.002	3

Fuente. Elaboración propia (2017)

Comparando con la norma existente; respecto a la categoría A1 se puede inferir que no existe presencia de ningún metal pesado en el punto muestreado. Los resultados obtenidos están por debajo de lo establecido en los ECAS , con estos resultados podemos proponer alternativas de sistemas de abastecimiento de agua desde un convencional hasta un avanzado; de lo contrario al haber identificado la presencia de metales pesados sería difícil darle un uso poblacional por el costo que conllevaría para poder tratar dichos parámetros.

4.3 Análisis microbiológico

4.3.1 Coliformes Termotolerantes y Escherichia Coli

Los coliformes termotolerantes y Escherichia Coli son indicadores de la contaminación microbiana que proviene de restos fecales en gran mayoría provenientes de las personas y el tercero que pueden ser hongos, protozoarios, algas, etc. El resultado obtenido de la evaluación de estos parámetros se presenta en la figura N° 14, que se muestra a continuación.

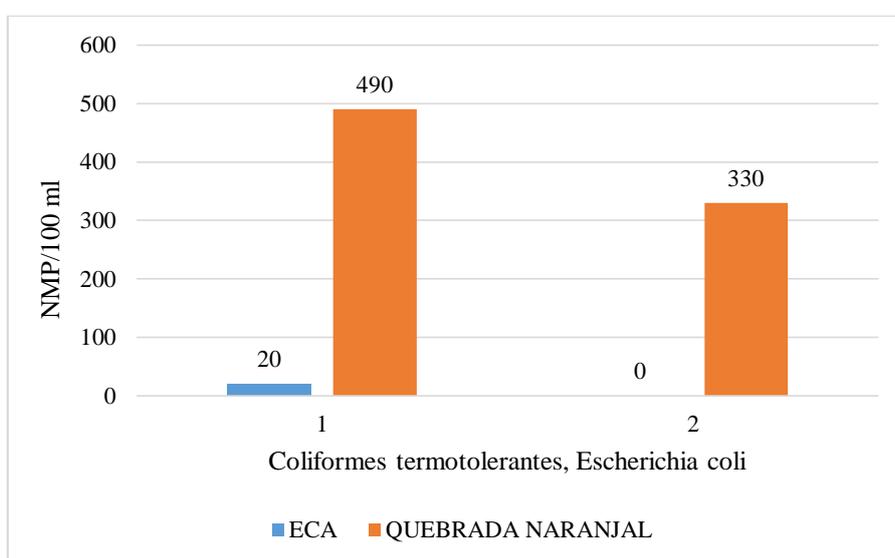


Figura 14. Concentración de coliformes termotolerantes, Escherichia Coli

Fuente. Elaboración propia (2017)

Comparando con la norma existente; el punto de muestreo corresponde a la categoría A1 con un valor de 490 NMP/100 ml para coliformes termotolerantes y 330 NMP/100 ml para Escherichia Coli, que está por encima de lo establecido en el ECA (20 NMP/100 ml y 0 NMP/100 ml). la concentración de coliformes termotolerantes y Escherichia Coli en este lugar se debe a unas cuantas familias que están ubicadas a ambos márgenes de la quebrada que utilizan directamente este recurso hídrico, tanto para uso primario como para la agricultura.

4.3.2 Organismos de vida libre

Los organismos de vida libre se encuentran donde hay humedad: en el mar, en todos los tipos de agua dulce, en agua encharcada e incluso en aguas contaminadas (agua residual).

El resultado obtenido de la evaluación de estos parámetros se presenta en la figura N° 15, que se muestra a continuación.

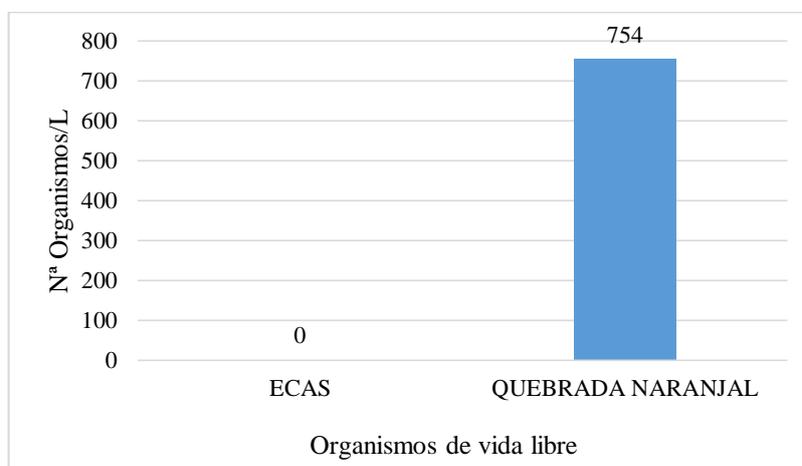


Figura 15. Concentración de organismos de vida libre

Fuente. Elaboración propia (2017)

Comparando con la norma existente; el punto de muestreo corresponde a la categoría A1 con un valor de 754 N° organismos /L que está por encima de lo establecido en el ECA (0 N° Organismo/L).la concentración de Organismos de vida libre en esta fuente natural se debe a algunas familias que están ubicadas a ambos márgenes de la quebrada que utilizan directamente este recurso hídrico, tanto para uso primario como para la agricultura.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Calidad del agua de la fuente

- La turbidez y el color son los únicos parámetros fisicoquímicos que superan los estándares de calidad considerando que es muy común que se obtengan estos resultados en esta parte de la región por tener suelos arcillosos alcalinos. Similares resultados se han obtenido en la caracterización de diferentes cuerpos de agua superficiales en el ámbito rural realizados por los gobiernos locales, (provincia de Lamas) con el afán de proponer opciones tecnológicas para brindar agua segura a su población.
- El pH del agua es el único parámetro que está al límite del estándar de calidad, deduciendo que dicho resultado depende directamente del pH de los suelos de la zona (suelos alcalinos).
- Los metales pesados están debajo de los ECAS deduciendo que no implica riesgo a la salud ni afectación a la fuente; por lo tanto, se puede considerar que se le otorgue el uso poblacional; del mismo modo, los metales pesados son de mayor implicancia en el proceso de aprovechamiento de los recursos hídricos por la complejidad de su tratamiento y por los riesgos a la salud de las personas que puedan ocasionar.
- La concentración de coliformes termotolerantes, Escherichia Coli y organismos de vida libre en el agua de la quebrada Naranjal supera los ECAS establecidos, teniendo como fuentes de contaminación las actividades antropogénicas, dichos resultados pueden ser revertidos con una buena filtración y cloración de agua.

Cantidad de agua de la fuente

- De acuerdo al caudal obtenido (60 l/s) y a la población total de la localidad Unión de Mamonaquihua (130 hab.) se requiere 0.25 l/s para el servicio de abastecimiento de agua. De acuerdo a este parámetro de diseño y haciendo una proyección a 20 años con una tasa de crecimiento de 1.05 % de la población (157), se requiere 0.30 l/s; por lo tanto, se puede deducir que si se puede acreditar la disponibilidad hídrica.

Implementación del proyecto: Producción de agua de calidad óptima, de manera continua con mínima operación y fácil mantenimiento

- De acuerdo a los resultados contrastados con la normativa se propone un sistema de tratamiento de agua para consumo humano con los siguientes componentes: captación, sedimentador, pre-filtro, filtro lento, reservorio (sistema de cloración-hipoclorador por goteo con flotador) con el fin de remover la turbidez, color, coliformes termotolerantes, Escherichia Coli y Organismos de vida libre.

Libre disponibilidad de la fuente

- El punto de captación para la implementación de un posible sistema de abastecimiento de agua para consumo humano cuenta con todos los permisos (pases) correspondientes por las partes aledañas para la ejecución de las actividades propiamente dichas en la zona.

Por lo tanto, teniendo en cuenta los criterios para la determinación de la fuente descritos anteriormente es importante mencionar que al momento de implementar un sistema de abastecimiento de agua para consumo humano la parte económica es lo primordial ya que realizar este tipo de trabajos, el costo económico es grande lo que conllevaría a optar por otra opción tecnológica (un sistema no convencional).

5.2 Recomendaciones

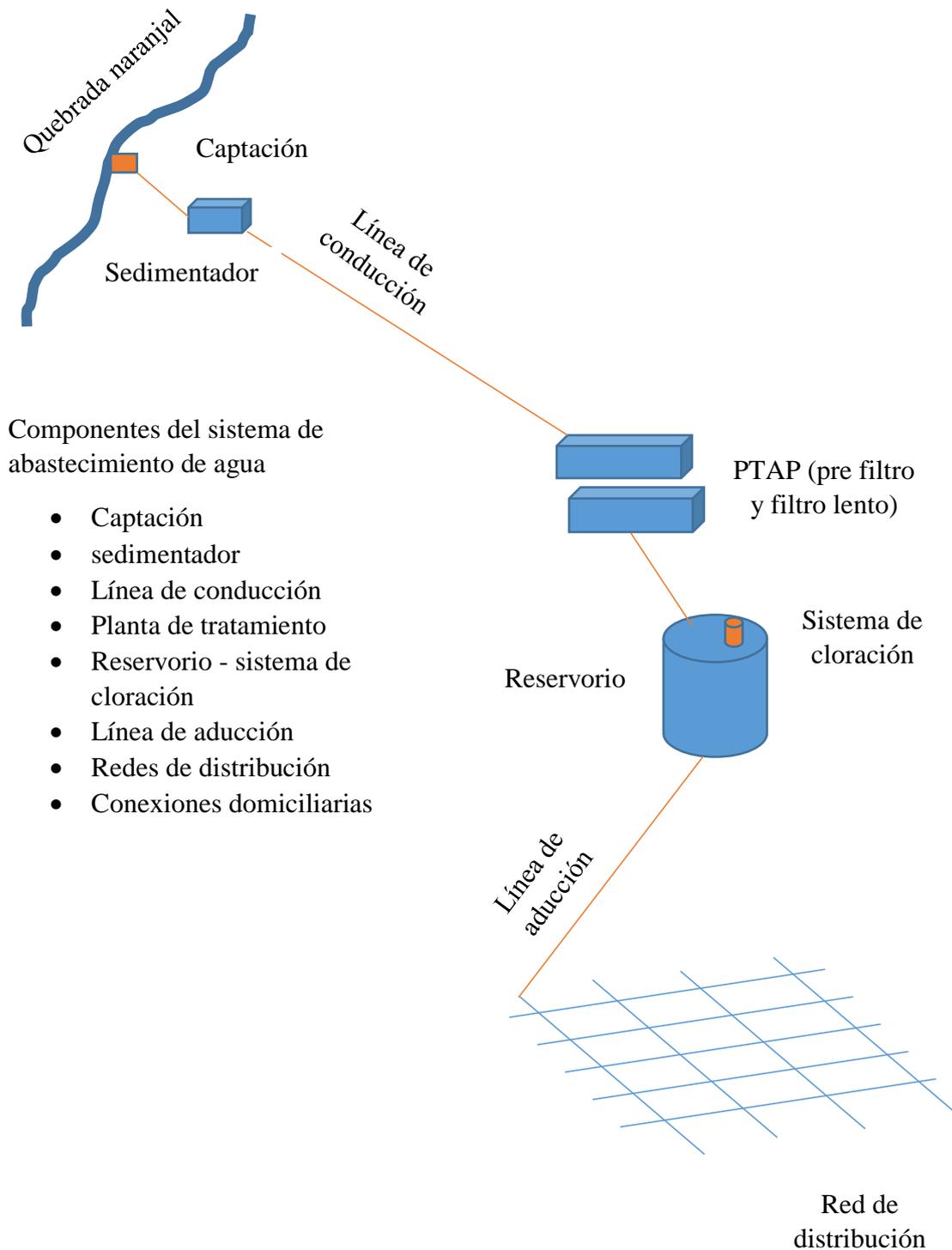
- Tomar como referencia el presente estudio para futuros trabajos relacionados a la calidad del agua, a fin de facilitar el adecuado aprovechamiento de los recursos hídricos.
- Realizar otro monitoreo de agua en época de estiaje y de lluvia de la quebrada Naranjal.
- Promover el desarrollo de investigaciones relacionadas a la calidad del agua superficial en el ámbito rural a fin de generar información con soporte técnico y científica para una exitosa Gestión de los Recursos Hídricos.
- Realizar una evaluación de campo en el área de influencia para determinar las posibles actividades que influyen en la calidad del agua de la quebrada Naranjal.
- Promover la participación activa y conjunta, en los diferentes sectores y niveles de gobierno, en la promoción y ejecución de proyectos de agua y saneamiento en el ámbito rural de la Región San Martín.
- Promover actividades permanentes de información, educación y comunicación acerca de las características físicas, químicas y biológicas del agua de la quebrada Naranjal y, de las actividades antrópicas que ponen en riesgo la calidad del agua y la salud de las personas que hacen uso de la misma, con el fin de sensibilizar y hacer conocer a la población de Unión de Mamonaquihua sobre los problemas que estos genera.

5.3 Sugerencias

A la Municipalidad Distrital de Cuñumbuqui disponer de medidas para el mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua de la localidad Unión de Mamonaquihua en el que se contemple una Planta de tratamiento de agua potable, específicamente para la remoción de la turbidez, color y carga microbiana; con el fin de brindar agua segura en el marco normativo de la gestión de los servicios de Agua y Saneamiento en el Ámbito Rural puesto que los gobiernos locales son responsables (directos e indirectos) de la prestación de dichos servicios.

A la Municipalidad Distrital de Cuñumbuqui formular recursos para el año fiscal 2018 en el programa presupuestal (PP) 0083 en el producto (3000627): servicio de agua potable y saneamiento para hogares rurales, y la actividad (5005866): capacitación a hogares rurales en educación sanitaria, con el fin de promover actividades permanentes de educación sanitaria en el ámbito de su jurisdicción, especialmente en la localidad Unión de Mamonaquihua.

Propuesta de sistema de abastecimiento de agua para consumo humano de la localidad Unión de Mamonaquihua.



Fuente: Elaboración propia basado en Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, (2016)

REFERENCIAS

- Agencia de Protección Ambiental. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry (1994).
- Agencia de Protección Ambiental. Método 1664, Revisión B: Material extraíble con n-hexano (HEM; aceite y grasa) y material extraíble con n-hexano tratado con gel de sílice (SGT-HEM; material no polar) mediante extracción y gravimetría, Oficina de Ciencia y Tecnología § (2010). Retrieved from https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/method_1664b_2010.pdf
- American Public Health Association. Nitrógeno (nitrato). Método de Scratching Espectrofotométrico Ultravioleta SM 4500-NO3- B., Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater § (2000). Retrieved from https://www.edgeanalytical.com/wp-content/uploads/Waste_SM4500-NO3-.pdf
- American Public Health Association. (2005). Metodo Yodometrico para analisis de Oxigeno disuelto 4500-OD. *Standard Methods for The Examination and Wastewater*, (4000), 136–143.
- Armas, J. (2009). *Caracterización física, química y biológica de las aguas de los ríos Huallaga, Parapapura y Shanusi en el ámbito correspondiente a la ciudad Yurimaguas, Loreto. Universidad Nacional de San Martín.*
- Autoridad Nacional del Agua. Ley de recursos hídricos (2009). Retrieved from http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/ley_29338_0.pdf
- Autoridad Nacional del Agua. Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, Pub. L. No. Resolución Jefatural N0 010-2016-ANA, 92 (2016). Retrieved from <http://www.ana.gob.pe/publicaciones/protocolo-nacional-para-el-monitoreo-de-la-calidad-de-los-recursos-hidricos-0>
- Banco mundial. (2017). Agua panorama general. Retrieved from <http://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview>
- Biblioteca Virtual en Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. (2004). Calidad de agua de bebida. In *Calidad de agua de bebida* (p. 7). Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/018790/018790-02.pdf>
- Cardona, D. (2011). *Caracterización del agua cruda del río La Vieja como fuente superficial para el proceso de potabilización de Emcartago S.A. E.S.P.* Universidad Tecnológica de Pereira.

- Retrieved from <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2570/62816C268c.pdf;jsessionid=CF1D280CAC57C2599A1583BD64D1D78A?sequence=1>
- Chamba, K., & Guallasamin, S. (2015). *Estudio de la disponibilidad y calidad del agua de consumo humano a través del monitoreo de caudales y análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la zona Pesillo – Imbabura*. Universidad Politécnica Salesiana. Retrieved from [http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10082/1/UPS - ST001591.pdf](http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10082/1/UPS-ST001591.pdf)
- Chulluncuy, N. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería Industrial*, 29, 153–170. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/3374/337428495008.pdf>
- Congreso Constituyente del Perú. Constitución política del Perú (1993). Retrieved from <http://pdba.georgetown.edu/Parties/Peru/Leyes/constitucion.pdf>
- Cutimbo, C. (2012). *Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano en centros poblados menores de La Yarada y los palos del distrito de Tacna*. Retrieved from http://200.37.105.196:8088/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=23692#.WScb0es1-Uk
- Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. (2015). Abastecimiento municipal de agua potable. Retrieved from http://www.ods.org.pe/uploads/ambiental/Saneamiento_Ambiental_Ambiental_2_AGUAPOTABLE.pdf
- DIGESA. Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano, Pub. L. No. Resolución Directoral N0 160-2015-DIGESA/SA, 23 (2015). Retrieved from http://www.digesa.minsa.gob.pe/NormasLegales/Normas/RD_160_2015_DIGESA.pdf
- Dzul, J. (2013). La mayordomía y el medio ambiente. *Lección de Escuela Sabática: Los Orígenes*, 124(1967), 68–74. Retrieved from http://www.absg.adventist.org/2013/1Q/SE/PDFs/SAQ1Q2013/SAQ113_10.pdf
- Eaton, A., Clesceri, L., Rice, E., & Greenberg, A. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association (Vol. 21). <https://doi.org/10.1385/1592592910>
- Gallardo, C. (2009). *Determinación de la calidad del agua que abastece a cuatro comunidades del*

- Cantón el Almendro del municipio de Jucuaran, Usulután.* Universidad de El Salvador. Retrieved from <http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/683/1/13100810.pdf>
- Goyenola, G. (2007). Guía para la utilización de las Valijas Viajeras - Conductividad. *Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos (RED MAPSA)*, 3. Retrieved from http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/Conductividad.pdf
- Graza, F., & Quispe, R. (2015). *Determinación de Pb, Cd, As en aguas del río Santa en El Pasivo Minero Ambiental de Recuay, Ticapampa; Recuay-Ancash.* Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Retrieved from <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/4205>
- Grecia, P., & Oswaldo, P. (2016). El agua es un bien escaso que el Perú no sabe administrar. *RPP Noticias*. Retrieved from <http://rpp.pe/peru/actualidad/la-falta-de-agua-potable-afecta-a-8-millones-de-peruanos-noticia-998969>
- Guevara, A. Control de Calidad del Agua- Métodos de análisis para la evaluación de la calidad del agua, Organización Panamericana de la Salud § (1996). Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/031279/031279.pdf>
- Guevara, C. (2015). *Determinación de la calidad microbiológica del agua de 2 playas: El Tunco y El Sunzal, ubicadas en el departamento de La Libertad, El Salvador.* Universidad de El Salvador. Retrieved from <http://ri.ues.edu.sv/9932/1/19201010.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación. Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Inacal. Detección y recuento de coliformes totales. Método de filtración por membrana, Pub. L. No. NTP 214.031 2001 (revisada el 2016) (2016). Perú. Retrieved from <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=22912>
- Lopez, B. (2012). *Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica de agua de pozos del barrio San Sebastián, municipio de Jocoro, departamento de Morazan.* Universidad de El Salvador. Retrieved from <http://ri.ues.edu.sv/2247/>
- Marchand, E. (2002). *Microorganismos indicadores de la calidad del agua consumo humano en Lima Metropolitana.* Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>

- Mendoza, H. (2013). *Vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en zonas rurales de la provincia de Moyobamba-2012*. Universidad Nacional de San Martín.
- Ministerio de Economía y Finanzas. Programa de Incentivos 2017 a la Mejora de la Gestión Municipal (2017). Retrieved from https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/capacita/brochurePI_2017.pdf
- Ministerio de Economía y Finanzas. Programa presupuestal 0083 Programa Nacional de Saneamiento Rural (2017). Retrieved from https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/ppr/prog_presupuestal/articulados/prog_pptal_0083_2017.pdf
- Ministerio de Salud. Plan Nacional para la Reducción y Control de la Anemia Materno Infantil y la Desnutrición Crónica Infantil en el Perú 2017-2021 (2017).
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Resolución Ministerial N° 173-2016-Vivienda. Guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural. (2016). Retrieved from http://perseo.vivienda.gob.pe/Documentos_resoluciones/Emitidos/RM-173-2016-VIVIENDA.pdf
- Ministerio de vivienda construcción y saneamiento. Decreto Supremo que aprueba el Reglamento del Decreto Legislativo N° 1280, Decreto Legislativo que aprueba la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento, El peruano § (2017). <https://doi.org/D.S.003-2008-MINAM>
- Ministerio del Ambiente. D.S. N°004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias., Diario El Peruano § (2017). Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Miranda, M., Aramburú, A., Junco, J., & Campos, M. (2010). Situación de la calidad de agua para consumo en hogares de niños menores de cinco años en Perú, 2007-2010. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 27(4), 506–11. Retrieved from <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v27n4/a03v27n4.pdf>
- Navarro, A. (2013). *Caracterización físico-química de los principales humedales de Jalca de la concesión para conservación Alto Huayabamba. 2012*. Universidad Nacional de San Martín. Retrieved from <http://tesis.unsm.edu.pe/xmlui/handle/11458/364>

- Organización Mundial de la salud. (2006). *Guías para la calidad de agua potable. OMS* (Vol. I). Retrieved from http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf?ua=1
- Organización Panamericana de la Salud. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano*. (L. De Vargas, A. Barnechea, & M. Aurazo, Eds.). Retrieved from <http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/bitstream/id/5657/BIV00012.pdf>
- Pontón, R. (2008). El valor del agua. *Vertiente*, 11(1), 7–14. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87702001%0ACómo>
- Programa Nacional de Saneamiento Rural. Guía para el cumplimiento de la meta 41: “funcionamiento del área técnica municipal para la gestión del servicio de agua y saneamiento en el ámbito rural”- 2017 (2017). Retrieved from https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/migl/municipalidades_pmm_pi/guia_cumplimiento_meta41_2017.pdf
- Rey de Castro, R., & Lauchlan, J. (2013). *Plan Bicentenario: El Perú hacia 2021. Biblioteca Nacional del Perú* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Senamhi. Monitoreo de la calidad de agua en los ríos en el Perú (2007). Retrieved from http://www.senamhi.gob.pe/main_down.php?ub=est&id=hidro_monCalAgua_peru08
- Sotil, L. E., & Flores, H. (2016). *Determinación de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del contenido de las aguas del río Mazán – Loreto, 2016*. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Retrieved from <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/4156>
- Storaci, V., Rafael, F., & Smits, G. (2013). Evaluación de la calidad del agua del río Cúpira (La Cumaca, estado Carabobo, Venezuela) mediante bioindicadores microbiológicos y parámetros fisicoquímicos. *Interciencia*, 38, 480–487.
- Tananta, F. (2009). *Determinación de la Concentración de Coliformes Fecales y Totales en el Río Mayo, por Incidencia de la Descarga de Aguas Residuales de la Ciudad de Moyobamba 2009*. Universidad Nacional de San Martín. Retrieved from <http://tesis.unsm.edu.pe/jspui/handle/11458/319>
- Vásquez, F. (2010). *Evaluación del Índice de calidad del Agua en el área de influencia del botadero municipal de Tarapoto Sector Yacucatina-San Martín-Perú*. Universidad Nacional de San Martín. Retrieved from <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/UNSM/461>

- Villacis, C., & David, V. (2016). *Estudio exploratorio de la calidad del agua del rio Caoní en el tramo que cruza con la finca Agroecoturística “Los Chiparos”*. Universidad Politécnica Salesiana. Retrieved from <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13728>
- Wees, T., & Petro, A. (2014). *Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del municipio de Turbaco – Bolívar, Caribe Colombiano*. Universidad Tecnológica de Bolívar. Retrieved from <http://biblioteca.unitecnologica.edu.co/notas/tesis/0067155.pdf>
- White, E. (2013). Declaraciones de Elena G . de White sobre ciencias de la tierra. In *Centro de Investigación White - Argentina* (p. 50).
- Zumaeta, A. (2005). *Características de la oferta hídrica de la microcuenca Rumiyaqu-Mishquiyaqu para uso potable en la ciudad de Moyobamba 2004-2005*.

ANEXOS

ANEXO 1. Localidad Unión de Mamonaquihua



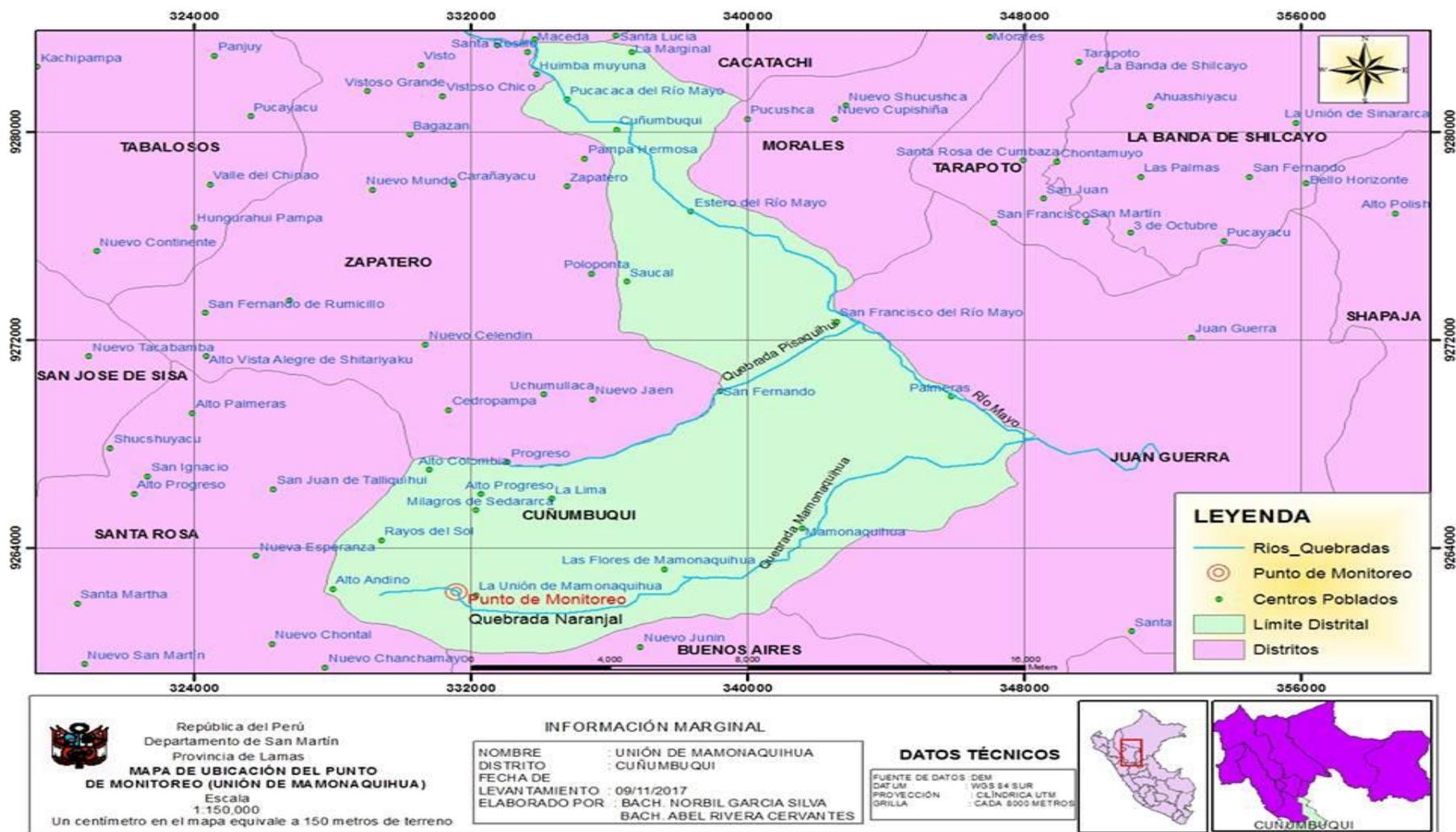
Fuente: propia 2017

ANEXO 2. Toma de coordenadas con GPS



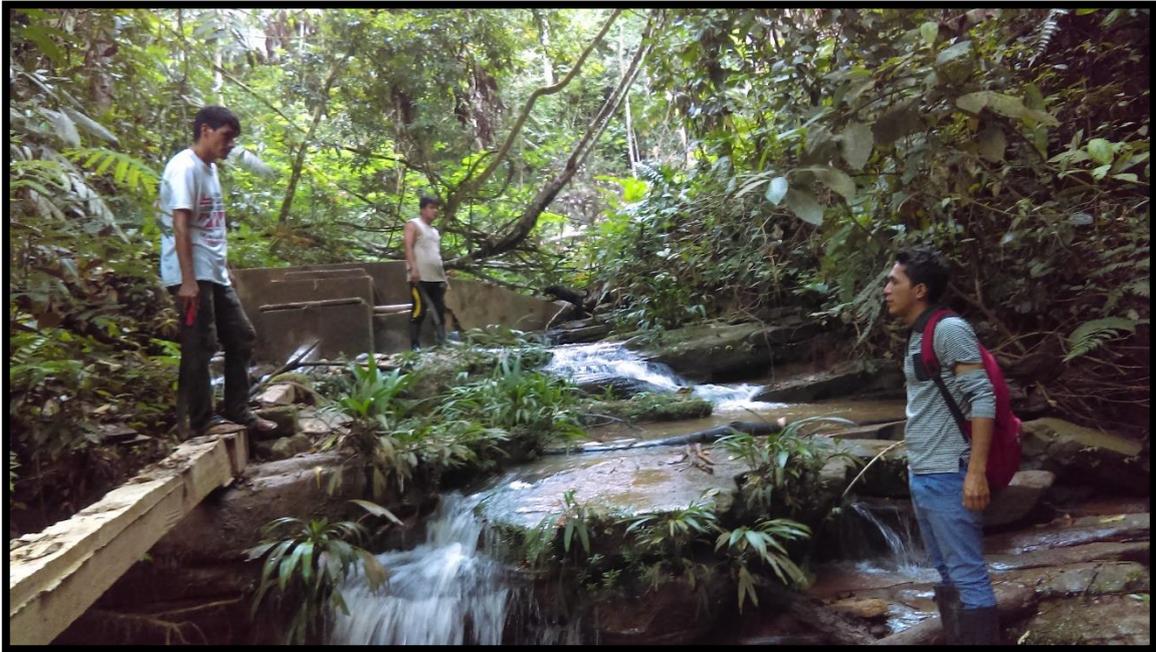
Fuente: propia 2017

ANEXO 3. Mapa de ubicación del punto de muestreo.



Fuente. Elaboración propia 2017

ANEXO 4. Reconocimiento del punto de Muestreo



Fuente propia 2017

ANEXO 5. Frascos para el muestreo y labor de etiquetado



Fuente: propia 2017

ANEXO 6. Registro de identificación de punto de monitoreo

Registro de identificación del punto de monitoreo

Nombre del cuerpo de agua:

Clasificación del cuerpo de agua:
(Categorización de acuerdo a la R.J. N° 202-2010-ANA y modificaciones posteriores)

Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino costero:
(Código pfaffstatter)

IDENTIFICACION DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo:
(Según lo indicado en el ítems 6.5.4 del protocolo nacional de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales)

Descripción:
(Origen/ubicación)

Accesibilidad:
(Describir detalladamente la vía de acceso, para que otras personas puedan encontrar fácilmente el punto de monitoreo).

Representatividad:
(Describir el tramo de río o quebrada o la bahía o zona de laguna o mar, que el punto de monitoreo representa).

Finalidad del monitoreo:
(Describir la finalidad del punto de monitoreo: vigilancia de un uso, evaluación de una fuente contaminante....)

Reconocimiento del entorno:
(Indicar referencias topográficas que permitan el fácil reconocimiento del punto en campo)

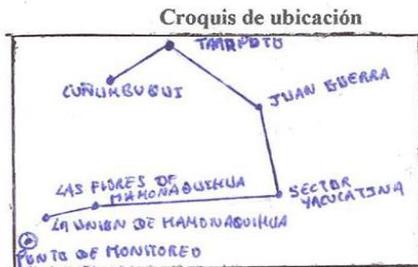
UBICACIÓN

DISTRITO: PROVINCIA: DEPARTAMENTO:

LOCALIDAD:

Coordenadas (WGS 84):
Norte/Latitud: Sistema de coordenadas: Proyección UTM Geográficas
solamente) Zona: (17,18 o 19 para UTM)

Este/Longitud: altitud: (metros sobre el nivel del mar)



Elaborado por: **NORBIZ BARCIA SILVA**



Fecha: **09 - 11 - 17**

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2016

Fuentes: Autoridad Nacional del Agua, 2016

ANEXO 7. Hoja de registro de campo

Registro de datos en campo

CUENCA: HUALLAGA

REALIZADO POR: ABEL RIVERA CERVANTES

AAA/ALA:

RESPONSABLE: NORBIL BARCIA SILVA

Punto de monitoreo	Descripción origen/ubicación	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas ¹		Altura msnm	Fecha	Hora	Ph	T °C	OD mg/L	COND Us/cm	Caudal/ ² profundidad ² m ³ /s o m	Observaciones ³
						Norte/Sur	Este/Oeste									
QUEBRADA MARANJAL	LA QUEBRADA MARANJAL NACE EN LA CABECERA DEL VALLE DE MAMONAOQUIHUA, ESTA ESTRIBUARIA DE LA QUEBRADA MAMONAOQUIHUA, RIO MAYO Y RIO HUALLAGA UBICADO EN EL TRAMO FINAL DE LA CUENCA DEL RIO MAYO.	LA UNION DE MAMONAOQUIHUA	CUMBUZUBUJ	ZARAS	SAN MARTIN	9262305	331606	763	04-11-2016	8:30	8.4	22	6.26	147.9	0.06	NINGUNA

¹ Las coordenadas del punto de control deberán ser expresadas en sistema UTM para puntos en cuerpos de agua continental y en sistema geográfico para puntos de monitoreo en el mar, ambos en estándar geodésico WGS84.

² Para el caso de cuerpo lotico, indicar el caudal. Para caso de cuerpo lentic o marino-costero, indicar la profundidad.

³ Las observaciones en campo se refieren, entre otros, a características atípicas tales como coloración anormal del agua abundancia de algas o vegetación acuática, presencia de residuos, actividades humanas, presencia de animales y otros factores que modifiquen las características naturales del cuerpo de agua.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2016



Firma del responsable del monitoreo

Fuente: Elaboración propia adaptado de Autoridad Nacional del Agua, 2016

ANEXO 8. Cadena de custodia para análisis de agua



CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - DE AGUAS Y SUELOS

FR - 005
Version: 05
F.E: 10/2016
Página.....de

Cliente: *consultoría y monitoreos Ambientales ANTAMIGREEN EIRL* Contacto: _____
 Lugar: *Unión de Mamonaquiha* Empresa: _____
 Carta/Cotización: *2017-TOVI-129-1*
 Email: *jacksonepct@gmail.com* Planta: _____
 Telef.(s): *968701970* Proyecto: *Caracterización del Agua de la Quebrada Naranjal*
 MUESTREO POR SAG MUESTREO POR CLIENTE

PUNTO DE MUESTREO ó CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO		TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU													ANÁLISIS DE LABORATORIO		N° Informe:	
	FECHA	HORA		Color	Turbidez	A/G	Fosfato	Nitrato	Nitrogeno Amoniacal	Oxígeno Disuelto	DBO5	Metales	# coliformos fecales	Escherichia coli	Escherichia coli	Escherichia coli	de Vibrio	Libres	Condensado	CÓDIGO DE LABORATORIO
<i>Quebrada Naranjal</i>	<i>09/11/17</i>	<i>11.00 am</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
<p><i>Nota: Metales So₇ (Arsenico, Boro, Bario, Cadmio, Cromo, Cobre, Mercurio, Manganeso, Niquel, Plomo, Zinc)</i></p>																				

Observaciones de Muestreo: _____
 Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del muestreo: *Bach. Abel Rivera Cervantes* Firma(s): _____
 Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable o Supervisor en campo: *Bach. Norbil Garcia Silva* Firma(s): _____
 Recibido en laboratorio: _____
 Dia/Hora: _____

Fuente: Laboratorio Servicios Analíticos Generales SAC.

ANEXO 9. Frascos y cooler para el transporte de las muestras



Fuente: propia 2017



Fuente: propia 2017

ANEXO 10. Medición de los parámetros de campo (pH, temperatura, conductividad)



Fuente: propia 2017



Fuente: propia 2017

ANEXO 11. Toma de muestras



Fuente: propia 2017



Fuente: propia 2017

ANEXO 12. Traslado de muestras desde el punto de muestreo



Fuente: propia 2017

ANEXO 13. Informe de ensayo de Laboratorio SAG



SAG

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047



INFORME DE ENSAYO N° 116612 - 2017 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL : CONSULTORIA Y MONITOREOS AMBIENTALES ANTAMIGREEN E.I.R.L.
DOMICILIO LEGAL : P.J. TOPARA MZA. F LOTE 10 (LA PLANICIE - COST UPEU CASA BLANCO) SAN MARTIN - SAN MARTIN - MÓRALES
SOLICITADO POR : BACH. NORBIL GARCIA SILVA
REFERENCIA : CARACTERIZACIÓN DEL AGUA DE LA QUEBRADA NARANJAL
PROCEDENCIA : UNIÓN DE MANONAQUIHUA
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS : 2017-11-10/20
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 2017-11-10/20
MUESTREADO POR : BACH. ABEL RIVERA CERVANTES

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Aceites y grasas (HEM)	EPA-821-R-10-001 Method 1664 Rev. B. N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry. 2010	0.5 ^(b)	mg/L
Color	SM 2120 C. Spectrophotometric - Single-Wavelength Method (PROPOSED)	5	CU
Conductividad	SM 2510 B. Conductivity. Laboratory Method.	---	µS/cm
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	SM 5210 B. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.	2.00 ^(b)	mg/L
Fosfatos (PO ₄ ⁻³)	SM 4500-P E. Phosphorus. Ascorbic Acid Method.	0.020	PO ₄ ⁻³ mg/L
Nitratos	SM 4500-NO ₃ B. Nitrogen (Nitrate). Ultraviolet Spectrophotometric Screening Method.	0.030	NO ₃ ⁻ - N mg/L
Nitrógeno Amoniacal / NH ₃	SM 4500-NH ₃ - D. Nitrogen. Ammonia-Selective Electrode Method.	0.020	NH ₃ ⁻ -N mg/L
Oxígeno Disuelto OD	SM 4500-O C. Oxygen (Dissolved). Azide Modification.	0.5 ^(b)	O ₂ mg/L
Turbiedad	SM 2130 B. Turbidity. Nephelometric Method. 2012	0.70	NTU
Numeración de Coliformes Fecales	SM 9221 E-1 Multiple-Tube Fermentation. Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.	1.8 ^(a)	NMP/100mL
Numeración de <i>Escherichia coli</i>	SM 9221 G. (Item 2) Multiple-Tube Fermentation. Technique for Members of the Coliform Group. Other <i>Escherichia coli</i> Procedures (PROPOSED).	1.8 ^(a)	NMP/100mL
ORGANISMOS DE VIDA LIBRE Fitoplancton (Algas) + Zooplancton (protozoarios, copépodos, rotíferos y nemátodos)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10200 C.1.2, F.2. a, c.1, Plankton. Concentration Techniques. Phytoplankton Counting Techniques / Part 10200 G. Plankton. Zooplankton Counting Techniques. 22nd Edition.	1	Org./L
Metales totales (Arsénico, Bario, Boro, Cadmio, Cromo, Cobre, Plomo, Manganeso, Mercurio, Niquel, Zinc).	EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994	---	mg/L

L.C.: límite de cuantificación.

(a) Límite de detección del método para estas metodologías por ser semicuantitativas.

(b) Expresado como límite de detección del método.

Bigo. Roger Aparicio Estrada
C.B.P. N° 7403
Asesor Técnico Biológico

Quim. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

* El Método Indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

SM: SMEWW - APHA - AWWA - WEF 22nd Edition. C.1.2, F.2. a, c.1, Plankton. Concentration Techniques. Phytoplankton Counting Techniques / Part 10200 G. Plankton. Zooplankton Counting Techniques. 22nd Edition. Agency: ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.

• Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com.

Página 1 de 4

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
 • Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE - 047

INFORME DE ENSAYO N° 116612 - 2017 CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua de río	
Matriz analizada	Agua natural	
Fecha de muestreo	2017-11-09	
Hora de inicio de muestreo (h)	11:00	
Condiciones de la muestra	Refrigerada / preservada	
Código del Cliente	Quebrada Naranjal	
Código del Laboratorio	1711808	
Ensayo	Unidad	Resultados
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	<0.5
Color ⁽¹⁾	CU	34
Conductividad	µS/cm	147.9
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	<2.00
Fosfatos (PO ₄ ³⁻)	PO ₄ ³⁻ mg/L	0.082
Nitratos	NO ₃ ⁻ - N mg/L	0.375
Nitrógeno Amoniacal / NH ₃	NH ₃ ⁺ - N mg/L	<0.020
Turbiedad	NTU	40
**Numeración de Coliformes Fecales ⁽²⁾	NMP/100mL	49 x 10 ¹
**Numeración de <i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	33 x 10 ¹
Producto declarado	Agua de río	
Matriz analizada	Agua natural	
Fecha de muestreo	2017-11-20	
Hora de inicio de muestreo (h)	07:00	
Condiciones de la muestra	Refrigerada / preservada	
Código del Cliente	Quebrada Naranjal	
Código del Laboratorio	17111628	
Ensayo	Unidad	Resultados
Oxígeno Disuelto OD	O ₂ mg/L	8.26

Medición de conductividad realizada a 25°C.

(1) Color Verdadero. CU: unidades de color (1 CU es equivalente a 1 Pt-Co).

(2) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

**El resultado del método de ensayo indicado se encuentra fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo, por haber superado el tiempo de perecibilidad.

Blgo. Roger Aparicio Estrada
C.B.P. N° 7403
Asesor Técnico Biológico

Quim. Belbel Y. Rujardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

**EXPERTS
WORKING
FOR YOU**

Cod.: FI02/Version: 07/FE/10/2017

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

SM: SMEWW - APHA - AWWA - WEF, 22nd. Edition 2012. EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.
OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.
• Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 2 de 4



SAG

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047



INFORME DE ENSAYO N° 116612 - 2017 CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua de río		
Matriz analizada	Agua natural		
Fecha de muestreo	2017-11-09		
Hora de inicio de muestreo (h)	11:00		
Condiciones de la muestra	Refrigerada / preservada		
Código del Cliente	Quebrada Naranjal		
Código del Laboratorio	1711808		
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados
Metales totales			
Arsénico (As)	0.001	mg/L	<0.001
Boro (B)	0.002	mg/L	0.002
Bario (Ba)	0.002	mg/L	0.057
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.0004
Cobre (Cu)	0.0007	mg/L	<0.0007
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	<0.001
Manganeso (Mn)	0.0005	mg/L	0.0164
Níquel (Ni)	0.0006	mg/L	<0.0006
Plomo (Pb)	0.0005	mg/L	0.0011
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	<0.002

L.D.M.: Limite de detección del método


Quim. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

Cod.: FI 02/Revisión: 07/FE: 10/2017

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

SM: SMEWW - APHA - AWWA - WEF: 22nd. Edition 2012. EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de parabilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.

• Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com.

Página 3 de 4

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima

• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE - 047

INFORME DE ENSAYO N° 116612 - 2017 CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS PARA ORGANISMOS DE VIDA LIBRE

Producto declarado	Agua de río
Matriz analizada	Agua natural
Fecha de muestreo	2017-11-09
Hora de inicio del muestreo (h)	11:00
Condiciones de la muestra	Preservada; Vol. muestra: 1 L
Código del Cliente	Quebrada Naranjal
Código del Laboratorio	1711808
Ensayo Cuantitativo de Fitoplancton (microalgas)	
GRUPO	Organismos / L ⁽³⁾
ALGAS (Total de fitoplancton)	3000
Producto declarado	Agua de río
Matriz analizada	Agua natural
Fecha de muestreo	2017-11-09
Hora de inicio del muestreo (h)	11:00
Condiciones de la muestra	Preservada; Vol. muestra: 7 L
Código del Cliente	Quebrada Naranjal
Código del Laboratorio	1711808
Ensayo Cuantitativo de Zooplancton (protozoarios, copépodos, rotíferos y nemátodos)	
GRUPO	Organismos / L
PROTOZOARIOS	443
COPEPODOS	<1
ROTIFEROS	200
NEMATODOS	129

*El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL-DA, en la matriz de Agua natural.

(3) Expresión de resultados según Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

Nota 1: <1 es equivalente a cero, lo que indica la no detección de Organismos/L.

Nota 2: Las algas incluyen tanto microalgas como macroalgas; siendo las macroalgas no detectadas en la(s) muestra(s) con código(s) 1711808.

Lima, 29 de Noviembre del 2017


Blgo. Roger Aparicio Estrada
C.B.P. N° 7403
Asesor Técnico Biológico

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

Cod.: F102/versión: 07/FE:10/2017

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

SM: SMEWW - APHA - AWWA - WEF, 22nd, Edition 2012. EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-8885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 4 de 4

Fuente: Laboratorio Servicios Analíticos Generales SAC

ANEXO 14. Formato para dotación y cloración de agua para consumo humano

CLORACIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO: SELVA RURAL

Desinfectante: 70 % hipoclorito de calcio Recarga: 7 días SABA PLUS II

FÓRMULAS USADAS:

Ejemplo para TABLA I: Máxima demanda de agua para una determina población rural

$$Q_{md} = \frac{(Población)(Consumo\ agua\ doméstico)(Coef.\ Variación\ diaria)}{(1 - \%PF) \times 86400}$$

Población actual: 300 habitantes
 Eliminación de excretas con arrastre hidráulico
 Consumo promedio: 100 L/h/d (ver cuadro adjunto)
 Coefic. Variac. diaria(K1): 1.3
 % pérdidas físicas: 20%
 Qmd. = 0.56 L/s

Region geográfica	Consumo de agua domestico, dependiendo del Sistema de disposición de excretas utilizado	
	Letrinas sin arrastre hidráulico	Letrinas con arrastre hidráulico*
Costa	50 a 60 l/h/d	90 l/h/d
Sierra	40 a 50 l/h/d	80 l/h/d
Selva	60 a 70 l/h/d	100 l/h/d

Ejemplo para TABLA II:

$$P(gr) = \frac{V(Litros) * Concentración(mg/L)}{\%Cloro * 10}$$

$$P(gr) = \frac{Q(L/s) * t(segundos) * Concentración(mg/L)}{\%Cloro * 10}$$

Q ingreso reservorio : 0.60 L/s
 Tiempo de recarga : 7 días
 Si concentración (C2) = 1.2 mg/L
 Cantidad de hipoclorito : 622 gr



Si requiere concentración mayor:
 Si concentración (C2) = 1.5 mg/L
 Cantidad de hipoclorito : 778 gr

Ejemplo para TABLA III:

- Un dosador que tiene un caudal de goteo de 45 ml/min requiere 454 Litros de solución madre para 7 días
- Un dosador que tiene un caudal de goteo de 58 ml/min requiere 585 Litros de solución madre para 7 días

Nota 1: C₁ en zonas frías debe ser máximo de 5000 ppm en goteo

TABLA I : Máxima demanda de agua (actual)

POBLACIÓN (habitantes)	Qmd (L/s) (UBS sin arrastre hidráulico)	Qmd (L/s) (UBS con arrastre hidráulico)
	70 L/h/d	100 L/h/d
100	0.13	0.19
150	0.20	0.28
200	0.26	0.38
250	0.33	0.47
300	0.39	0.56
350	0.46	0.66
400	0.53	0.75
450	0.59	0.85
500	0.66	0.94
550	0.72	1.03
600	0.79	1.13
650	0.86	1.22
700	0.92	1.32
750	0.99	1.41
800	1.05	1.50
850	1.12	1.60
900	1.18	1.69
950	1.25	1.79
1000	1.32	1.88
1050	1.38	1.97
1100	1.45	2.07
1150	1.51	2.16
1200	1.58	2.26
1250	1.65	2.35
1300	1.71	2.45
1350	1.78	2.54
1400	1.84	2.63
1450	1.91	2.73
1500	1.97	2.82
1550	2.04	2.92
1600	2.11	3.01
1650	2.17	3.10
1700	2.24	3.20
1750	2.30	3.29
1800	2.37	3.39
1850	2.44	3.48
1900	2.50	3.57
1950	2.57	3.67
2000	2.63	3.76

TABLA II : Cantidad de hipoclorito en función de caudal de ingreso a reservorio

Q _i (L/s) (Caudal de ingreso al reservorio)	Peso (gramos) de hipoclorito de calcio al 70%; para 7 días			Volumen (litros) tanque solución madre	Caudal de goteo (ml/min)
	1.2 mg/L	1.5 mg/L	1.7 mg/L		
0.10	104	130	147	600	60
0.20	207	259	294	600	60
0.30	311	389	441	600	60
0.40	415	518	588	600	60
0.50	518	648	734	600	60
0.60	622	778	881	600	60
0.70	726	907	1028	600	60
0.80	829	1037	1175	600	60
0.90	933	1166	1322	600	60
1.00	1037	1296	1469	600	60
1.10	1140	1426	1616	600	60
1.20	1244	1555	1763	600	60
1.30	1348	1685	1909	600	60
1.40	1452	1814	2056	600	60
1.50	1555	1944	2203	600	60
1.60	1659	2074	2350	600	60
1.70	1763	2203	2497	600	60
1.80	1866	2333	2644	600	60
1.90	1970	2462	2791	600	60
2.00	2074	2592	2938	600	60
2.10	2177	2722	3084	600	60
2.20	2281	2851	3231	600	60
2.30	2385	2981	3378	600	60
2.40	2488	3110	3525	600	60
2.50	2592	3240	3672	600	60
2.60	2696	3370	3819	600	60
2.70	2799	3499	3966	600	60
2.80	2903	3629	4113	600	60
2.90	3007	3758	4260	600	60
3.00	3110	3888	4406	600	60
3.10	3214	4018	4553	600	60
3.20	3318	4147	4700	600	60
3.30	3421	4277	4847	600	60
3.40	3525	4406	4994	600	60
3.50	3629	4536	5141	750	74
3.60	3732	4666	5288	750	74
3.70	3836	4795	5435	750	74
3.80	3940	4925	5581	750	74
3.90	4044	5054	5728	750	74

TABLA III : Goteo Adaptado

Caudal de goteo (ml/min)	Volumen solución madre (L); 7 días recarga
45	454
46	464
47	474
48	484
49	494
50	504
51	514
52	524
53	534
54	544
55	554
56	564
57	575
58	585
59	595
60	605
61	615
62	625
63	635
64	645
65	655
66	665
67	675
68	685
69	696
70	706
71	716
72	726
73	736
74	746
75	756

TANQUE DE GOTOO

Usar esta tabla de acuerdo al goteo del sistema para calcular la cantidad de agua a usar en la solución madre.

Nota 3: Al llenarse el reservorio (noches u horas de menor consumo) y suspenderse el goteo, el periodo de recarga será más de 7 días

Fuente: SABA PLUS 2017

ANEXO 15. Certificado de calibración del multiparámetro



INVEMSAC

Salud Ocupacional y Ambiental

Código: F-INV-7.1.5.2-060

Versión: 1.0

Página: 1 de 2

Fecha: 11/01/2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE
INVE-AM0211-020217

Fecha de emisión: 02/02/2017
Issue date

- 1.- SOLICITANTE :** INVESTIGACIONES ECONOMICAS EN MINERIA, ENERGÍA E HIDROCARBUROS S.A.C.
Applicant
Dirección : CAL. LUIS ROMERO NRO. 1050 URB. ROMA, LIMA - LIMA – CERCADO DE LIMA
Address
- 2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN:** SONDA DE pH/CE/°C

Marca :	HANNA INSTRUMENTS	Serie del equipo :	08402616	Alcance: pH	0,0 a 14,0
Modelo del equipo :	HI 9811-5	Modelo de la sonda :	HI 1285-5	μS/cm	0 a 6000
				°C	0,0 a 70,0
- 3.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN** Calibrado el día 02/02/2017 en el Laboratorio de INVE S.A.C.
Date and place of calibration Calibration day 02/02/2017 in the Laboratory INVE S.A.C.
- 4.- MÉTODO DE CALIBRACIÓN**
Calibration method
 Determinación del error de medición del conductímetro, por comparación entre el valor medido por el instrumento y el valor de referencia.
- 5.- INSTRUMENTOS / EQUIPOS DE MEDICIÓN Y TRAZABILIDAD**
Instruments / Measuring equipment and traceability

INSTRUMENTO / EQUIPO <i>Instrument / Equipment</i>	MARCA <i>Brand</i>	NÚMERO DE LOTE <i>Lot number</i>
Solución Estándar 250 ml.	HACH	A3284
Solución Estándar 1 L.	J.T.BAKER	T05C00
- 6.- RESULTADOS**
Results
 Los resultados se muestran en la página 02 del presente documento
The results are shown on page 02 of this document
- 7.- CONDICIONES DE CALIBRACIÓN**
Calibrations conditions

	Temperatura Ambiente <i>Environment temperature</i>	Humedad Relativa <i>Relative humidity</i>	Presión Atmosférica <i>Atmospheric pressure</i>
INICIAL <i>Initial</i>	27,2 °C	62,3 %	996 mbar
FINAL <i>Final</i>	29,5 °C	62,1 %	996 mbar
- 8.- OBSERVACIONES**
Observations
 La periodicidad de la calibración está en función del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.
The frequency of calibration depends on the use, care and maintenance of the measuring instruments.
 Los resultados 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.
The results should not be used as a certification of conformity with product standards or how Quality System Certificate of Entity that produce it.

Pág. 1 de 2

Calle Luis Romero N° 1050 Urb. Roma. Cercado de Lima
 Central Telefónica: (01) 596 3994 Email: invemsac@invemsac.com.pe
www.invemsac.com.pe
 Lima - Peru



INVEMSAC

Salud Ocupacional y Ambiental

Código: F-INV-7.1.5.2-060
Versión: 1.0
Página: 2 de 2
Fecha: 11/01/2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CALIBRATION CERTIFICATE
INVM-AM0211-020217

Fecha de emisión: 02/02/2017
Issue date

9.- RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN CALIBRATION RESULTS

VALOR DE REFERENCIA	VALOR MEDIDO DEL MULTIPARAMETRO	ERROR DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE
1413 $\mu\text{S/cm}$	1430 $\mu\text{S/cm}$	-17 $\mu\text{S/cm}$	0.2
7,00 pH	6,85 pH	0,15 pH	0.2




Msc. JOSE LUIS QUEQUEJANA
RESPONSABLE DEL ÁREA DE METROLOGÍA
C.Q.P. 579

FIN DEL DOCUMENTO
END OF DOCUMENT