

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS:

Calidad del agua de consumo humano del Anexo La Asunción (José Sabogal-San Marcos-Cajamarca) influenciada por la planta de tratamiento de aguas servidas del Centro Urbano Venecia.

Para optar el Grado Académico de
MAESTRO EN CIENCIAS

Presentado por:
Bachiller: ISMAEL SUÁREZ MEDINA.

Asesor:
Dr. NILTON E. DEZA ARROYO.

Cajamarca – Perú

2019

**COPYRIGHT © 2019 by
ISMAEL SUÁREZ MEDINA
Todos los derechos reservados**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA



ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS APROBADA:

Calidad del agua de consumo humano del Anexo La Asunción (José Sabogal-San Marcos-Cajamarca) influenciada por la planta de tratamiento de aguas servidas del Centro Urbano Venecia.

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

Presentado por:

Bachiller: ISMAEL SUÁREZ MEDINA.

JURADO EVALUADOR:

Dr. Nilton E. Deza Arroyo
Asesor

Dr. Segundo B. Escalante Zumaeta.
Jurado Evaluador

Dr. Elfer G. Miranda Valdivia
Jurado Evaluador

Dra. Consuelo B. Plasencia Alvarado
Jurado Evaluador

Cajamarca – Perú

2019



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD

Escuela de Posgrado

CAJAMARCA - PERU



PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 07:00 horas del día 16 de octubre de Dos Mil Diecinueve, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Dr. ELFER GERMÁN MIRANDA VALDIVIA**, **Dra. CONSUELO BELANIA PLASENCIA ALVARADO**, **Dr. SEGUNDO BERARDO ESCALANTE ZUMAETA**, y en calidad de Asesor el **Dr. NILTON EDUARDO DEZA ARROYO**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada: **CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL ANEXO LA ASUNCIÓN (JOSÉ SABOGAL-SAN MARCOS-CAJAMARCA) INFLUENCIADA POR LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS DEL CENTRO URBANO VENECIA**, presentada por el **Bach. En Agronomía ISMAEL SUÁREZ MEDINA**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó... Aprobar... con la calificación de Excelente (1.17)... la mencionada Tesis; en tal virtud, el **Bach. En Agronomía ISMAEL SUÁREZ MEDINA**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, con Mención en **GESTIÓN AMBIENTAL**.

Siendo las 02:30 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.


.....
Dr. Nilton Eduardo Deza Arroyo
Asesor


.....
Dr. Elfer Germán Miranda Valdivia
Jurado Evaluador


.....
Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado
Jurado Evaluador


.....
Dr. Segundo Berardo Escalante Zumaeta
Jurado Evaluador

A:

JEHOVÁ DIOS, creador de todo el universo, por su infinita bondad y haberme iluminado en el transcurso de mi vida personal y profesional.

La memoria de mi querido padre Edilberto Suárez Leiva.

Con gratitud y amor a mi querida madre Elsa Claudia y hermanos: Marina, Luz Angélica, Jesús Armando, Elsa René, Segundo Edilberto, Graciela y César Humberto.

Mi Esposa Isabel y queridos hijos: Ismael Luis Diego y Dárwin Edimar con quienes tengo la dicha de compartir parte de mi vida y a los cuales les debo la alegría de vivir; por su ardua espera y tenaz paciencia, sin cuya ayuda moral, no habría sido posible lograr esta meta.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	xi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I.....	15
INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 Planteamiento del problema.....	17
1.2 Objetivos.....	18
1.3 Hipótesis.....	19
1.4 Delimitación de la investigación.....	19
CAPÍTULO II.....	20
MARCO TEÓRICO.....	20
2.1 Antecedentes de la investigación.....	20
2.2 Bases teóricas.....	23
2.2.1 Abastecimiento de agua para consumo humano.....	23
2.2.2 Contaminación de aguas	25
2.2.3 Calidad del agua para consumo humano.....	27
2.2.4 Parámetros físicos del agua para consumo humano.....	29
2.2.5 Parámetros químicos del agua para consumo humano.....	31
2.2.6 Parámetros bacteriológicos del agua para consumo humano.....	36
2.2.7 Límites Máximos Permisibles (LMP) para agua de consumo humano.....	39
2.2.8 Métodos de análisis para la evaluación de la calidad del agua.....	41
2.2.9 Enfermedades por la contaminación del agua.....	43
2.2.10 Aguas residuales municipales.....	45

2.3	Definición de términos.....	46
CAPÍTULO III.....		48
MATERIALES Y MÉTODOS.....		48
3.1	Ubicación de la investigación.....	48
3.1.1	Ubicación geográfica.....	48
3.1.2	Ubicación política.....	50
3.1.3	Descripción de la zona de estudio.....	51
3.2	Materiales.....	53
3.2.1	Materiales de campo.....	53
3.1.2	Materiales y equipos para recopilación y análisis de información.....	53
3.3	Métodos.....	54
3.3.1	Tipo de investigación.....	54
3.3.2	Diseño de la investigación.....	54
3.4	Análisis del agua del anexo La Asunción.....	54
3.4.1	Metodología de Muestreo.....	54
3.4.2	Determinación y frecuencia de monitoreo.....	55
3.4.3	Parámetros de monitoreo.....	55
3.4.4	Etiquetado.....	56
3.4.5	Recipientes y toma de las muestras para parámetros fisicoquímicos.....	56
3.4.6	Recipientes y toma de muestras para parámetros bacteriológicos.....	57
3.4.7	Preservación de las muestras.....	57
3.4.8	Transporte de las muestras: embalaje y envío.....	57
3.4.9	Análisis de datos.....	58
CAPÍTULO IV.....		59
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		59

4.1	Temperatura del agua en los tres puntos de muestreo.....	59
4.2	Turbidez del agua en los tres puntos de muestreo.....	61
4.3	Sólidos disueltos totales del agua en los tres puntos de muestreo.....	62
4.4	Color del agua en los tres puntos de muestreo.....	63
4.5	pH del agua en los tres puntos de muestreo.....	64
4.6	Cloruros del agua en los tres puntos de muestreo.....	65
4.7	Fluoruros del agua en los tres puntos de muestreo.....	67
4.8	Nitratos del agua en los tres puntos de muestreo.....	68
4.9	Nitritos del agua en los tres puntos de muestreo.....	70
4.10	Sulfatos del agua en los tres puntos de muestreo.....	71
4.11	Fosfatos del agua en los tres puntos de muestreo.....	72
4.12	Coliformes totales del agua en los tres puntos de muestreo.....	74
4.13	Coliformes termotolerantes del agua en los tres puntos de muestreo.....	77
4.14	Correlación entre temperatura y coliformes totales.....	80
4.15	Correlación entre pH y coliformes totales.....	81
4.16	Correlación entre turbidez y coliformes totales.....	82
CAPÍTULO V.....		84
CONCLUSIONES.....		84
CAPÍTULO VI.....		85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		85
CAPÍTULO VII.....		93
APÉNDICE.....		93
7.1	Panel fotográfico.....	93
7.2	Informes de análisis de muestras de agua.....	97
7.3	Métodos de ensayo utilizados.....	103

LISTA DE ILUSTRACIONES

Figuras	pág.
Figura 1. Ubicación geográfica de la investigación.....	49
Figura 2. Mapa de ubicación política del Anexo La Asunción.....	50
Figura 3. Temperatura (°C) del agua en los tres puntos de muestreo.....	59
Figura 4. Turbidez del agua en los tres puntos de muestreo.....	61
Figura 5. Sólidos disueltos totales del agua en los tres puntos de muestreo.....	62
Figura 6. pH del agua en los tres puntos de muestreo	64
Figura 7. Cloruros del agua en los tres puntos de muestreo.....	65
Figura 8. Fluoruros del agua en los tres puntos de muestreo.....	67
Figura 9. Nitratos del agua en los tres puntos de muestreo.....	68
Figura 10. Sulfatos del agua en los tres puntos de muestreo.....	71
Figura 11. NMP/100mL de coliformes totales en los tres puntos de muestreo.....	74
Figura 12. NMP/100mL de coliformes termotolerantes en los tres puntos de muestreo...	77
Figura 13. Correlación entre temperatura y coliformes totales en captación El Tambo... 80	
Figura 14. Correlación entre pH y coliformes totales en captación El Tambo.....	81
Figura 15. Correlación entre turbidez y coliformes totales en captación El Tambo.....	82
Figura 16. Planta de tratamiento de aguas residuales del centro urbano Venecia.....	93
Figura 17. Primer punto de muestreo: captación de manantial El Tinguillo.....	93
Figura 18. Segundo punto de muestreo: captación de manantial El Tambo.....	94
Figura 19. Tercer punto de muestreo: reservorio.....	94
Figura 20. Identificación y etiquetado de recipientes.....	95
Figura 21. Recipientes para muestreos fisicoquímicos y bacteriológicos.....	95
Figura 22. Equipo de medición de parámetros de campo.....	96
Figura 23. Toma de muestras de agua.....	96

Tablas	pág.
Tabla 1. Resultados fisicoquímicos del agua subterránea sin ebullición.....	22
Tabla 2. Límites Máximos Permisibles de parámetros organolépticos y fisicoquímicos del agua de consumo humano.....	40
Tabla 3. Límites Máximos Permisibles de parámetros microbiológicos del agua de consumo humano.....	41
Tabla 4. Principales enfermedades por la contaminación del agua.....	44
Tabla 5. Datos de temperatura y precipitación en Venecia.....	52
Tabla 6. Georeferenciación de los puntos de muestreo del sistema.....	55
Tabla 7. Estadísticos descriptivos de temperatura del agua.....	59
Tabla 8. Estadísticos descriptivos de turbidez del agua.....	61
Tabla 9. Estadísticos descriptivos de sólidos disueltos totales del agua.....	62
Tabla 10. Estadísticos descriptivos de pH del agua.....	64
Tabla 11. Estadísticos descriptivos de cloruros del agua.....	65
Tabla 12. Estadísticos descriptivos de fluoruros del agua.....	67
Tabla 13. Estadísticos descriptivos de nitratos del agua.....	68
Tabla 14. Estadísticos descriptivos de sulfatos del agua.....	71
Tabla 15. Resultados de análisis físicos y químicos del agua.....	73
Tabla 16. Estadísticos descriptivos del NMP/100mL de coliformes totales.....	74
Tabla 17. Estadísticos descriptivos del NMP/100mL de coliformes termotolerantes....	77
Tabla 18. Resultados de análisis bacteriológicos del agua.....	79
Tabla 19. Correlación de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos evaluados en la captación El Tinguillo, El Tambo y reservorio.....	83

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor, el distinguido Dr. Nilton E. Deza Arroyo, por los aportes y orientación brindada en el desarrollo de la presente tesis.

A los integrantes de la JASS del Anexo La Asunción por brindarme las facilidades para el ingreso a las diferentes partes del sistema de agua; en especial a los Señores Lázaro Novoa Salas y Valerio Novoa Romero, quienes me apoyaron en el levantamiento de la información de campo.

A la Municipalidad Distrital de José Sabogal, por los permisos brindados a mi persona para el recojo y traslado de muestras al laboratorio.

También un sincero agradecimiento al Comité Científico, por sus valiosas sugerencias al mejoramiento del proyecto de tesis y del informe final del mismo.

LISTA DE ABREVIATURAS

CF	: Coliformes termotolerantes o fecales.
CT	: Coliformes Totales.
DESA	: Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental
DIGESA	: Dirección General de Salud Ambiental.
DS	: Decreto Supremo.
DIRESA	: Direcciones Regionales de Salud Ambiental.
ECA	: Estándar de Calidad Ambiental para agua.
JASS	: Junta Administradora de Servicios de Saneamiento.
LMP	: Límite Máximo Permisible.
LCM	: Límite de Cuantificación de Métodos.
MINAM	: Ministerio del Ambiente.
NMP/100mL	: Número Más Probable de Coliformes por cada 100mL de muestra.
OMS	: Organización Mundial de la Salud.
Ppm	: Partes por millón.
PTAR	: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
STD	: Sólidos Disueltos Totales.
SUNASS	: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.
UCV	: Unidades de Color verdadero.
UPC	: Unidades de Platino Cobalto.
UNT	: Unidades Nefelométricas de Turbidez.
UFC	: Unidades Formadoras de colonias.

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar la calidad del agua de consumo humano del Anexo La Asunción (José Sabogal-San Marcos–Cajamarca) influenciada por la planta de tratamiento de aguas servidas del centro urbano Venecia; para lo cual se realizaron seis muestreos, en tres puntos, de junio a noviembre del 2018; los análisis de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos se realizaron en el Laboratorio Regional del Agua, utilizando los métodos de ensayo de acuerdo a los lineamientos del Protocolo de Monitoreo de Aguas de la DIGESA: los resultados se compararon con los Límites Máximos Permisibles del Reglamento de calidad de agua para consumo humano, según DS-N°031-2010-SA DIGESA, obteniéndose temperaturas que oscilaron de 13.1°C a 14.4 °C; turbidez de 0.05 a 1.11 UNT; sólidos disueltos totales de 296 a 369 mg/L; color <LCM; pH de 6.95 a 7.90; cloruros de 1.95 a 7.15 mg/L; fluoruros de 0.090 a 0.216 mg/L; fosfatos <LCM; nitratos de 0.99 a 11.75 mg/L; nitritos <LCM; sulfatos de 1.33 a 100.30 mg/L; coliformes totales de 1.0 a 5400 NMP/100mL y coliformes fecales de 1.0 a 170 NMP/100mL; concluyendo que la calidad fisicoquímica del agua de consumo humano del Anexo La Asunción no exceden los LMP de calidad de agua; mientras que en la calidad bacteriológica los exceden, Por lo tanto, la calidad del agua del mencionado anexo, en función a los resultados obtenidos no es apta para consumo humano.

Palabras clave: La Asunción, calidad de agua de consumo humano, coliformes, planta de tratamiento de aguas servidas.

ABSTRACT

The objective of the study was to determine the quality of water for human consumption of the Annex La Asunción (José Sabogal-San Marcos-Cajamarca) influenced by the sewage treatment plant of the Venice urban center; for which six samplings were carried out, in three points, from June to November 2018; the analyzes of physicochemical and bacteriological parameters were performed at the Regional Water Laboratory, using the test methods according to the guidelines of the DIGESA Water Monitoring Protocol: the results were compared with the Maximum Permissible Limits of the water quality Regulation for human consumption, according to DS-N ° 031-2010-SA DIGESA, obtaining temperatures that ranged from 13.1 ° C to 14.4 ° C; turbidity from 0.05 to 1.11 UNT; total dissolved solids from 296 to 369 mg / L; color <LCM; pH of 6.95 to 7.90; Chlorides from 1.95 to 7.15 mg / L; fluorides from 0.090 to 0.216 mg / L; nitrates from 0.99 to 11.75 mg / L; nitrites <LCM; sulfates of 1.33 to 100.30 mg / L; total coliforms from 1.0 to 5400 NMP / 100mL and fecal coliforms from 1.0 to 170 NMP / 100mL; concluding that the physicochemical quality of water for human consumption in Annex La Asunción does not exceed the MPL of water quality; while the bacteriological quality exceeds them, Therefore, the water quality of the aforementioned annex, depending on the results obtained, is not suitable for human consumption.

Key words: La Asunción, water quality for human consumption, coliforms, sewage treatment plant.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua está dada por el contenido de sustancias minerales junto con las propiedades fisicoquímicas y biológicas. Es un concepto, de alguna manera relativa, ya que no se puede hacer una clasificación absoluta de la calidad. Esto es porque el grado de calidad del agua ha de referirse a los usos a que se destina. La calidad necesaria para cada uso varía, al igual que los criterios utilizados para evaluarla (Robles et al., 2013).

En efecto, las actividades humanas y el crecimiento urbano son los principales factores de contaminación; de tal forma, el agua puede contener contaminantes químicos o biológicos que causan diversas enfermedades (Ramírez et al., 2010). Así, la infiltración de las aguas servidas se da cuando las tuberías de la planta de tratamiento de aguas servidas están dañadas y su capacidad hidráulica es rebasada; por lo tanto, el agua residual se infiltra hacia el suelo representando un riesgo potencial de contaminación tanto para el suelo como para el agua subterránea (Hua, 2007).

Por consiguiente, las aguas residuales traen problemas al ambiente y por ende a la salud debido a que contienen gran cantidad de materia orgánica, microorganismos patógenos, metales pesados, sólidos en suspensión, sólidos volátiles y otros que sin su debido tratamiento pueden agravar al ecosistema y a la vida en sí (Borja, 2011).

La calidad del agua se determina comparando las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua con unas directrices de calidad del agua o estándares. Para ello, se mide la concentración de sus componentes y los efectos o propiedades causadas por la presencia de estas sustancias. El riesgo más grave para la salud humana relacionada con la calidad del agua de beber es el que derivada de la contaminación microbiológica, particularmente la fecal (Foster et al., 2013).

En efecto, la presencia de valores altos de coliformes totales y coliformes fecales en el agua de manantiales es un problema, ya que puede ocasionar daños a la salud de los usuarios si no se realiza la cloración del agua (Robles et al., 2013).

El Reglamento de la calidad del agua para consumo humano, según DS N° 031-2010-SA, establece los límites máximos permisibles de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población.

Por tales motivos, en la presente investigación se realizaron seis muestreos en cada punto, durante la época de estiaje y de precipitaciones, iniciándose en junio y finalizando en noviembre del 2018; en consecuencia aporta datos de la situación sanitaria del agua de los manantiales El Tinguillo, El Tambo y el reservorio; pues no se cuenta con estudios de esta índole, lo que beneficia a la población del Anexo La Asunción, evitando mayores riesgos en la salud, cuya población es de 183 habitantes, distribuidos en 40 viviendas (Instituto Nacional de Estadística e Informática: censos nacionales, 2017).

En este contexto, el presente estudio, pretende contribuir a la investigación técnica, social y ambiental, con la finalidad de determinar la calidad del agua de consumo humano del Anexo La Asunción (José Sabogal-San Marcos–Cajamarca) influenciada por la planta de tratamiento de aguas servidas del centro urbano Venecia; además brinda información técnica muy necesaria a las diferentes autoridades locales y con ello proponer medidas correctivas para mejorar la calidad de vida de los pobladores y del ambiente del mencionado anexo, beneficiando no solo las actuales, si no a las futuras generaciones.

Las familias beneficiarias conocen la calidad del agua que están consumiendo, sensibilizándose sobre la necesidad del uso, manejo racional y técnico de este recurso; ya que es la única fuente de abastecimiento que les provee del líquido elemento, mediante la red de

distribución. En tal sentido, es una herramienta de apoyo para la gestión de riesgos de la salud y sirve como fuente de información para futuras investigaciones.

1.1 Planteamiento del Problema.

El agua para consumo humano, cuyas fuentes de abastecimiento estén negativamente impactadas por actividades antrópicas, representa un riesgo para la salud de la población, debido a que podría generar un agua insegura (Foster et al., 2003). Este es el caso del agua de consumo humano del Anexo La Asunción, el cual es gestionado por una Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) que no tienen los conocimientos para tratar el agua, tampoco sobre el nivel fisicoquímico y microbiológico de las aguas, que abastece a 40 familias, cuyas captaciones de los manantiales y cámara de recolección, están ubicadas en la parte baja de la planta de tratamiento de aguas servidas del centro urbano Venecia, capital del distrito José Sabogal, con un desnivel de 20 metros aproximadamente y a 100 metros de distancia; además la PTAR está operando inadecuadamente, sin ningún tipo de mantenimiento.

Cuando existe fuertes precipitaciones la capacidad hidráulica de la PTAR colapsa, ya que las tuberías están dañadas y las aguas servidas son regadas y filtradas en los predios cercanos donde se encuentran las captaciones; así mismo, en el terreno ubicado entre la planta de tratamiento y los manantiales captados realizan actividades agrícolas utilizando las aguas servidas para riego, especialmente en épocas de estiaje, generando probablemente filtraciones hacia los manantiales por la pendiente existente, amenazando la salud de los beneficiarios. Esto ha sido y es una preocupación tanto para los consumidores como las autoridades; pues no existe ninguna garantía que el agua que consume los moradores del Anexo La Asunción, sea un agua segura.

Problema general:

¿Cuál es la calidad del agua de consumo humano del Anexo La Asunción (José Sabogal-San Marcos-Cajamarca) influenciada por la planta de tratamiento de aguas servidas del centro urbano Venecia?

Problemas específicos:

- ¿Cuál es la calidad físico química del agua de consumo humano del Anexo La Asunción (José Sabogal-San Marcos-Cajamarca) influenciada por la planta de tratamiento de aguas servidas del centro urbano Venecia?
- ¿Cuál es la calidad bacteriológica del agua de consumo humano del Anexo La Asunción (José Sabogal-San Marcos-Cajamarca) influenciada por la planta de tratamiento de aguas servidas del centro urbano Venecia?

1.2 Objetivos.**Objetivo general:**

- Determinar la calidad del agua de consumo humano del Anexo La Asunción (José Sabogal-San Marcos-Cajamarca) influenciada por la planta de tratamiento de aguas servidas del centro urbano Venecia.

Objetivos específicos:

- Determinar la calidad fisicoquímica del agua de consumo humano del Anexo La Asunción (José Sabogal-San Marcos-Cajamarca) influenciada por la planta de tratamiento de aguas servidas del centro urbano Venecia.
- Determinar la calidad bacteriológica del agua de consumo humano del Anexo La Asunción (José Sabogal-San Marcos-Cajamarca) influenciada por la planta de tratamiento de aguas servidas del centro urbano Venecia.

1.3 Hipótesis.

La calidad del agua de consumo humano del Anexo La Asunción (José Sabogal-San Marcos-Cajamarca) influenciada por la planta de tratamiento de aguas servidas del Centro Urbano Venecia, en sus aspectos físicoquímicos y bacteriológicos exceden los límites máximos permisibles establecidos según el DS-N°031-2010-SA DIGESA, en consecuencia, no son aptas para consumo humano.

1.4 Delimitación de la investigación:

En la presente investigación se analizaron once parámetros físicoquímicos: temperatura, turbiedad, sólidos disueltos totales y color, pH, cloruros, fluoruros, fosfatos, nitratos, nitritos, sulfatos y dos parámetros bacteriológicos: coliformes totales y coliformes termotolerantes; luego fueron analizados estadísticamente, y comparados con los parámetros físicoquímicos y microbiológicos del reglamento de la calidad del agua para consumo humano (DS N° 031-2010-SA) para determinar la calidad del agua de consumo humano del Anexo La Asunción (José Sabogal-San Marcos-Cajamarca). El espacio temporal que se utilizó para esta investigación fue de medio año, de junio a noviembre del 2018.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación.

En la investigación sobre calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero Tepalcingo – Axochiapan, Morelos-México, se efectuaron seis muestreos bimestrales, en nueve puntos de muestreo y se determinaron dos parámetros bacteriológicos y once fisicoquímicos, los resultados fueron: turbidez (0.14 – 0.77 UNT), pH (6.0 – 7.6), sólidos totales disueltos en mg/L (297 - 1198), sulfatos en mg/L (49.8 - 740), dureza total en mg/L (145 - 736), nitratos en mg/L (0.81 – 2.20), nitritos (<LCM), cloruros en mg/L (3.8 – 30.7); las pruebas bacteriológicas en el manantial mostraron concentraciones de 1.83×10^5 UFC/100mL de coliformes totales y 6.02×10^4 UFC/100ML de coliformes fecales, en promedio (Robles et al., 2013).

En cambio, en la investigación sobre la caracterización microbiológica y fisicoquímica de aguas subterráneas de los municipios de La Paz y San Diego, Cesar, Colombia, se efectuaron 93 muestras con dos réplicas por muestra; obteniendo los resultados de: concentración de pH oscilaron entre 6.71 a 8.2; temperatura de 27.5 a 31.7 °C, turbidez de 0.0 a 23.3 UNT; sólidos disueltos totales de 120 a 2630 mg/L, cloruros 0.0035 a 0.600 mg/L; nitratos 0.613 a 128.824 mg/L y nitritos de 0.191 a 3.088 mg/L (Vence et al., 2009). Además, el agua subterránea que consume la población de la región de Tenextepango, Morelos, México, contienen fluoruros en concentración promedio de 0.79 mg/L; concluyendo que el F^- es liberado hacia el agua subterránea por el proceso del intemperismo químico de las rocas, en donde el proceso más importante es la hidrólisis; presentando un riesgo para la salud de las personas (Huizar et al., 2016).

Sin embargo, en la investigación sobre la Calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbimortalidad en Colombia, 2008-2012, se reportaron los siguientes resultados: color 6.30 UPC, turbidez 1,54 UNT, pH 7.1 y la concentración de coliformes totales osciló entre 60 a 67 %; concluyendo que la calidad del agua tiene un impacto importante en la mortalidad infantil, por lo que se requiere la adopción de políticas que fortalezcan los sistemas de suministro de agua (Guzmán et al., 2015).

Por otra parte, en el estudio, sobre contaminación por vertimiento de aguas residuales en el agua de consumo de la población del centro poblado Churuyacu - San Ignacio; describe que la frecuencia de muestreo fue mensual, siendo un total de 4 muestreos, en tres puntos representativos, en la zona del vertimiento (río Tabaconas), en la captación (orillas del río Tabaconas) y en la de consumo (viviendas); el análisis de muestras, se lo hizo en el Laboratorio Referencial de la DISA Jaén; los resultados determinaron que tiene presencia de 17 977.5 UFC/100mL de coliformes totales y 3611.3 UFC/100mL de coliformes fecales, en promedio, debido al vertimiento de aguas residuales (Torres, 2016).

Por otro lado, en la investigación, concentración de fluoruro en agua potable, aguas termales y manantiales de 6 distritos de Santiago de Chuco; las concentraciones promedio obtenidas en las aguas de los manantiales fueron: distrito de Cachicadán 0.0336 ppm, Angasmarca 0.143 ppm, Santa Cruz de Chuca 0.201 ppm, Calipuy 0.133ppm y en el distrito de Santiago de Chuco (barrio San Cristóbal) 0.426 ppm; concluyendo que el agua potable, manantiales y termales consumidas por los pobladores de los mencionados distritos contienen concentraciones de fluoruro inferiores a las recomendadas por la OMS, a excepción del agua del manantial ubicado en el barrio San Cristóbal (Jara et al., 2013).

Así mismo, en la investigación cuyo objetivo fue determinar la calidad del agua, en función a la turbidez y coliformes termotolerantes, en la planta de tratamiento de agua La Quesera, Sucre, Celendín, durante el año 2016-2017; los resultados en valores promedios fueron: en el

ingreso a la planta 106.86 NMP/100mL de coliformes termotolerantes y 4.58 UNT, a la salida de la planta 6.74 NMP/100mL de coliformes termotolerantes y 0.93 UNT y a la llegada al reservorio se registró 2.98 NMP/100mL de coliformes termotolerantes y 0.65 UNT (Medina, 2018).

También en el estudio, evaluación fisicoquímica y bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano con y sin ebullición de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca; se obtuvieron en promedio los siguientes resultados (tabla 1) físicoquímicos:

Tabla 1. Resultados fisicoquímicos del agua subterránea sin ebullición.

Parámetros	Unidades	Zona San Martín	Zona Ajoscancha Baja
Temperatura	°C	19.85	19.9
STD	mg/L	532.5	735.3
pH	mg/L	7.16	7.08
Cloruros	mg/L	44.89	72.41
Fosfatos	mg/L	0.24	0.25
Nitratos	mg/L	10	8.5
Nitritos	mg/L	0.011	0.013
Sulfatos	mg/L	28.5	55.75

Fuente: Flores, 2016.

Así mismo los resultados microbiológicos fueron: coliformes totales en el agua de la zona San Martín en junio 9 NMP/100mL, los demás meses no presenta concentración de coliformes totales y en la zona Ajoscancha Baja la concentración mínima es de 7 NMP/100mL, la máxima es de 70 NMP/100mL y en promedio de 29.75 NMP/100mL. Concluyendo que, la mayoría de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos considerados, sin ebullición, cumplen con los límites máximos permisibles de la calidad del agua para consumo humano establecido en el decreto supremo N° 031 – 2010 – SA, a excepción de los fosfatos y coliformes totales (Flores, 2016).

Por otro lado, las aguas de consumo humano del centro poblado Menor La Libertad, distrito de San Rafael, provincia de Bellavista, región San Martín no son aptas para el consumo humano, por encontrarse contaminadas con 32 940.7 NMP/100mL de coliformes totales y 8126.7 NMP/100mL de coliformes fecales, en promedio; debido a que el suelo de esta comunidad es granular, de alto coeficiente de permeabilidad; por tal motivo los residuos fecales llegan más fácilmente al torrente por infiltración (Chong, 2010).

Así mismo, las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua de consumo de la población del centro poblado Churuyacu - San Ignacio, sobrepasan los límites máximos permisibles, por consiguiente la población de la localidad en estudio consume agua no apta para consumo humano, por el vertimiento de aguas residuales (Torres, 2016).

2.2 Bases teóricas.

2.2.1 Abastecimiento de agua para consumo humano.

El agua es un recurso natural fundamental e indispensable para la vida, el hombre puede subsistir sin alimentos, pero no logra subsistir sin agua, es por tanto que todas sus actividades productivas están relacionadas con este recurso. Para producir alimentos necesita contar con los recursos naturales o con sistemas de reserva y regadío, lo que permitirá garantizar al menos la seguridad alimentaria. Para el desarrollo urbano requiere igualmente contar con los recursos hídricos que le permitan entregar a los habitantes la cantidad suficiente para cubrir sus necesidades diarias, requiriendo cantidades significativas de este recurso de acuerdo al número de pobladores que tengan. Este producto deberá ser por tanto garantizado en su calidad y cantidad (Instituto Internacional de Manejo del Agua, 2012).

En muchas regiones del mundo el agua se está convirtiendo en un factor limitante para la salud humana, la producción de alimentos, el desarrollo industrial y la estabilidad económica y política. El 70% de la superficie del planeta está compuesta por agua, solamente el 2.5% es agua dulce, y de esta última poco menos de 0.3% es agua superficial. La cantidad de agua dulce

superficial junto con la subterránea de todo el planeta es menor a 1%, lo que implica que solamente 200 000 km³ están disponibles para el consumo humano y el mantenimiento de los ecosistemas naturales (Guerrero et al., 2009).

El acceso a agua potable y a medios adecuados de saneamiento está ligado directamente a la salud humana y al desarrollo. Hay 2 400 millones de personas, más de un tercio de la población mundial, que no tienen acceso a un saneamiento adecuado. Los resultados son devastadores, en tal sentido, más de 2 200 millones de personas, en su mayoría en los países en vías de desarrollo, mueren cada año por enfermedades asociadas a condiciones deficientes de agua y saneamiento. 6 000 niños mueren cada día de enfermedades que pueden prevenirse mejorando las condiciones de agua y saneamiento. Más de 250 millones de personas sufren de dichas enfermedades cada año (Fernández y Du Mortier, 2012).

En el Perú los resultados del Censo de 2017: XII de Población, VII de Vivienda, revelan que 6 millones 30 mil 161 viviendas tienen acceso al agua por red pública domiciliaria; el 67.1% tiene conexión a red pública dentro de la vivienda; el 11.3% red pública fuera de la vivienda pero dentro de la edificación y el 4.7% de las viviendas acceden al agua a través de pilón de uso público. Además el 7.3% de las viviendas que equivale 562 mil 275, obtienen agua de pozo para consumo humano.

Además revela que a nivel nacional hay un déficit de cobertura de abastecimiento de agua de 9.7% que representan a 744 mil 343 viviendas particulares, las que consumen agua proveniente de camión cisterna u otro similar (324 mil 832 viviendas), de río, acequia, manantial o similar (347 mil 283) y otras formas de abastecimiento como solicitar al vecino u otra forma (72 mil 228 viviendas). En el Perú existen 10 distritos sin acceso a agua por red pública.

Según departamentos, en 8 de ellos más del 80% de las viviendas tienen conexión de agua por red pública destacando: la provincia de Lima con 1 millón 923 mil 300 viviendas, la

Provincia Constitucional del Callao con 216 mil 203 viviendas, además de Apurímac con 102 mil 27 viviendas, Ica 186 mil 258 viviendas, Ayacucho con 144 mil 959 viviendas, Lambayeque con 238 mil 253 viviendas, La Libertad con 362 mil 609 viviendas y Áncash con 237 mil 551 viviendas. Mientras que Cajamarca 279 mil 243 viviendas tienen acceso a conexión de agua por red pública.

En tanto que el Distrito José Sabogal cuenta con 3 472 viviendas habitadas; de las cuales tienen agua por red domiciliaria 2 373 viviendas; pilón o pileta de uso público 37 viviendas, se abastecen de agua de pozo subterránea 759 viviendas y no tienen agua por red pública 303 viviendas (Instituto Nacional de Estadística e Informática : Censos Nacionales, 2017) .

2.2.2 Contaminación de aguas.

Entre las fuentes principales que suministran agua para consumo humano se encuentran los acuíferos, los cuales son formaciones geológicas que almacenan agua y actúan como depósito y reserva. La mayoría conforman grandes extensiones y generalmente se recargan por el aporte de aguas pluviales, corrientes superficiales y lagos que se infiltran en el suelo. Dentro de un acuífero, el agua escurre debido a la gravedad desde las zonas de recarga hacia las de descarga, las cuales pueden ser ríos, lagos o manantiales. Los mantos subterráneos constituyen una de las principales fuentes de abastecimiento de agua potable. Sin embargo, las actividades humanas y el crecimiento urbano son los principales factores para la contaminación de los acuíferos. De esta forma, el agua puede contener contaminantes químicos o biológicos que causan diversas enfermedades (Ramírez et al., 2010).

Por ejemplo, concentraciones de flúor sobre el promedio de 0.79 mg/L, causan problemas de fluorosis dental a la población (Huízar et al., 2016). También, en niños menores de seis meses que consuman agua con concentraciones elevadas de nitratos y nitritos, podrían enfermar gravemente de metahemoglobinemia infantil (Sawyer, Mc Carty y Parkin, 2010).

La contaminación fecal ha sido y sigue siendo el principal riesgo sanitario en el agua, ya que pueden provocar enfermedades en la salud humana; por ello, el control sanitario de riesgos microbiológicos es tan importante, y constituye una medida sanitaria básica para mantener un grado de salud adecuado en la población. Las formas de contaminación orgánica y biológica más comunes son las fosas sépticas, pozos negros, fugas de sistemas de alcantarillado, vertido indiscriminado de aguas de letrinas, a la cual se suma la contaminación nacida de la utilización cada vez más intensa de productos químicos de uso domésticos, tales como los detergentes en sus diferentes presentaciones (Aurazo, 2004).

La contaminación de los acuíferos es más severa en el periodo lluvioso por el incremento significativo en la riqueza de coliformes de alta importancia patogénica y en el número de acuíferos afectados a diferentes altitudes dentro de las cuencas; además la mayor contaminación por coliformes de alta importancia patogénica en el periodo lluvioso responde al transporte y lixiviación de desechos fecales acumulados en el periodo seco en áreas ribereñas, provenientes del ganado, fauna silvestre y población humana sin servicios sanitarios (Burgos et al., 2017).

El desarrollo urbano se ha incrementado notablemente durante los últimos años impactando directamente en la calidad de los recursos hídricos. Elevadas concentraciones de sulfatos, cloruros, sodio, nitratos, fósforo y bacterias coliformes totales y fecales fueron determinadas en las zonas más urbanizadas, evidenciando la clara influencia antrópica sobre el medio natural (Formica et al., 2015).

Entonces, la contaminación de las aguas puede proceder de fuentes naturales o de actividades humanas; en la actualidad la más importante, sin duda es la provocada por el hombre, debido a que es un fenómeno ambiental, se inicia desde los primeros intentos de industrialización, para transformarse en un problema generalizado, a partir de la revolución industrial, iniciada a comienzos del siglo XIX. Es la alteración en la composición química,

propiedades físicas y bacteriológicas, de tal manera que resulta menos apta para los propósitos en los cuales es empleada como consumo humano, riego para la producción agropecuaria, la industria, generación de energía (Coronel y Jimenez, 2006).

Los mismos autores mencionan que la contaminación del agua subterránea, es menor que la del agua superficial y se debe especialmente a la agricultura, al arrastrar el agua infiltrada numerosos compuestos químicos utilizados como fertilizantes o abonos, o también productos fitosanitarios para la lucha contra las enfermedades y plagas, o incluso por regar con agua salada o salobre, aceites de petróleo, mala disposición de la basura, otros compuestos y se ha convertido también en una preocupación en los países industrializados y de todos. En otros casos, la fuente de contaminación del agua es localizada, asociada a la presencia de cámaras sépticas, lugares de acumulación de residuos o de concentración animal, y no de la actividad agrícola (Perdomo et al., 2011).

Se estima que entre cinco a seis millones de personas fallecen anualmente por enfermedades transmitidas a través de agua contaminada y entre 1.3 millones de niños menores de cinco años murieron a causa de enfermedades originadas por un suministro de agua de mala calidad (Holguín et al., 2006).

2.2.3 Calidad del agua para consumo humano.

La calidad del agua es uno de los aspectos más sensibles en la prestación de los servicios de saneamiento. Una mala calidad puede tener efectos devastadores sobre la población, razón por la cual es necesario realizar constantes monitoreos a fin de prevenir cualquier problema. Los estándares de calidad del agua para consumo humano se establecen mediante valores límite máximo permisible (LMP), referidos a todos los parámetros presentes en el agua los cuales son perjudiciales para la salud o causan rechazo de los consumidores (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento [SUNASS], 2003).

Existen diversos factores en la calidad del agua que consume una población, entre estos se encuentran: la presencia o ausencia de fuentes de abastecimiento naturales de agua; la infraestructura de redes de almacenamiento y distribución; los aspectos culturales y socioeconómicos que condicionan la aceptación o rechazo a ciertas formas de abastecimiento y potabilización de agua y por último, factores políticos que afectan la normatividad relativa a la inversión en el desarrollo y mantenimiento de sistemas de abastecimiento de agua potable (Sánchez et al., 2000).

Generalmente, la calidad del agua subterránea es superior a la del agua superficial con respecto al contenido bacteriológico, turbiedad y diversos parámetros físicos y químicos. La calidad del agua subterránea puede variar de un sitio a otro debido a los cambios de las condiciones hidrológicas y geológicas de cada lugar; puede tener alto contenido de metales (en general de hierro y manganeso) por disolución de componentes del suelo en el que se encuentran contenidos. Por otra parte, hay que tomar en cuenta que el acuífero no es renovable, si se explota con una tasa mayor a la de recarga, puede agotarse o deteriorar su calidad (Ramírez et al., 2010).

En tal sentido, una determinada fuente de aguas puede tener la calidad necesaria para satisfacer los requerimientos de un uso en particular y al mismo tiempo, no ser apta para otro. Puesto que no existe un tipo de agua que satisfaga los requerimientos de calidad para cualquier uso concebible ni tampoco "un criterio único de calidad para cualquier fin", el concepto de Calidad de Aguas, se aplica siempre en relación con un uso o aplicación previamente establecida. Por lo tanto, la calidad del agua es un término variable en función del uso concreto que se vaya a hacer de ella (Decreto de Consejo Directivo 003-2007 - CONAM/CD, 23 de Febrero de 2007).

2.2.4 Parámetros físicos del agua para consumo humano.

Temperatura.

Determinado por la región y el clima, es un indicador de la calidad del agua, que influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas, mientras que si la temperatura del agua es alta puede ser potencia para la proliferación de microorganismos ocasionando el aumento de problemas tanto en el sabor, olor, color y corrosión (Severiche y Gonzales, 2012).

La temperatura es una de las variables que más afecta la disolución del oxígeno. A mayor temperatura del agua, mucho menor será la cantidad de oxígeno. Tal es así, por ejemplo, el agua a 10 °C tiene un 60% más de concentración de oxígeno que a 34 °C. Esto explica porque peces muy exigentes en oxígeno, como la trucha, son naturales de aguas fría. A esto se suma el hecho de que el metabolismo se acelera a mayores temperaturas, por lo que los organismos vivos tienen un consumo adicional de este elemento (Castillo et al., 2012).

Sólidos disueltos totales.

Los sólidos disueltos totales (SDT) comprenden las sales inorgánicas, principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos (Casilla, 2014); como consecuencia de la disolución de los minerales de las rocas del suelo durante su flujo de las partes altas hacia las bajas (Robles et al., 2013); y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua. Los SDT presentes en el agua de consumo proceden de fuentes naturales, aguas residuales, escorrentía urbana y aguas residuales industriales. Los sólidos disueltos lo constituyen las sales que se encuentran presentes en el agua y que no pueden ser separados del líquido por algún medio físico, tal como: sedimentación, filtración, etc.; los sólidos disueltos se encuentran en forma de cationes y aniones, por lo que éstos como partículas con carga pueden conducir la corriente eléctrica, la presencia de estos sólidos no es detectable

a simple vista, por lo que se puede tener un agua completamente cristalina con un alto contenido de sólidos disueltos. Debido a las diferentes solubilidades de diferentes minerales, las concentraciones de SDT en el agua varían considerablemente de unas zonas geológicas a otras (Casilla, 2014).

Turbidez.

La turbidez del agua es producida por materias en suspensión, como arcillas, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton, sedimentos procedentes de la erosión y microorganismos, el tamaño de estas partículas varía desde 0.1 a 1.000 nm de diámetro, de esta manera una alta turbidez suele asociarse a altos niveles de microorganismos como virus, parásitos y algunas bacterias (American Public Health Association [APHA], 2005). De tal manera que la turbiedad es un parámetro de importancia sanitaria dado que cuanto menor es la turbiedad de un agua, menor es la concentración de microorganismos, bacterias, protozoos, entre otros; presentes en la misma; además las partículas que provocan la turbiedad pueden causar disminución en la eficiencia del proceso de desinfección, ya que los microorganismos se pueden adherir en la superficie de aquellas (Zubizarreta, 2010).

Color.

Esta característica del agua puede estar ligada a la turbiedad o presentarse independientemente de ella. Se atribuye comúnmente a la presencia de taninos, lignina, ácidos húmicos, ácidos grasos y ácidos fúlvicos. 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 (Barrenechea, 2005). En consecuencia, los valores de color relativamente bajos, quiere decir que el agua no se encuentra en contacto con desechos orgánicos en descomposición (Vence et al., 2009).

El agua pura solo es azulada en grandes espesores. En general presenta colores inducidos por materiales orgánicos de los suelos vegetales, como el color amarillento debido a los ácidos húmicos. La presencia de hierro puede darle color rojizo, y la del manganeso un color negro. El color afecta estéticamente la potabilidad de las aguas, puede representar un potencial de ciertos productos cuando se utiliza como material de proceso (Castillo, 2012).

2.2.5 Parámetros químicos del agua para consumo humano.

pH.

El pH es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, los valores de pH por debajo de 7 indican que una sustancia es ácida y los valores de pH por encima de 7 indican que es básica; y neutra si el número de los átomos de hidrógeno y de oxhidrilos son iguales. Es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de calidad de las aguas naturales como residuales; todas las fases del tratamiento del agua para suministro y residual; a una temperatura determinada, la intensidad del carácter ácido o básico de una solución viene dada por la actividad del ión hidrogeno o pH; el pH no ejerce efectos directos en los consumidores, es uno de los parámetros indicadores de la calidad del agua (APHA, 2005).

Los silicatos suelen hacer una contribución significativa a la alcalinidad total de las aguas naturales, debiendo su presencia esencialmente a la meteorización de feldespatos por la abundancia de rocas calcáreas. Así, el H^+ ayuda en el ataque del feldespato que lo transforma en minerales de arcilla; esto se ejemplifica a través de la disolución de la albita, en cuya reacción consume iones H^+ , libera HCO_3^- y Na^+ , consume CO_2 , decrece la PCO_2 e incrementa el pH (Huizar et al., 2015). Además, la presencia de ácidos orgánicos en el suelo, contribuyen a que los iones de carbonato y bicarbonato aumenten la alcalinidad del agua, siendo determinante para neutralizar los ácidos (Glynn y Heinke, 2000).

El pH es uno de los principales parámetros operativos de la calidad del agua en todas las fases de tratamiento, a fin de que el agua se clarifique y desinfecte satisfactoriamente; por ello

se proponen valores guía de pH de 6.5 a 8.5 basados en criterios ambientales. En tal sentido valores muy debajo o por encima del rango establecido pueden indicar contaminación reciente con aguas residuales (Zubizarreta, 2010).

Cloruros.

Los cloruros son sales que resultan de la combinación del gas cloro (ion negativo) con un metal (ion positivo). El cloro (Cl_2) es altamente tóxico y es usualmente utilizado como desinfectante, sin embargo en combinación con un metal, como el sodio (Na), es esencial para la vida, dado que, pequeñas cantidades de cloruros son requeridas para la función celular en los seres vivos (Casilla, 2014).

El incremento de cloruro en el agua ocasiona el aumento de la corrosividad del agua, de esta manera el alto contenido de cloruros impide que el agua sea utilizada para el consumo humano o el ganado, la infiltración de aguas subterránea en las alcantarillas contiguas a aguas saladas constituyen también una potencial fuente de cloruros y sulfatos (Sawyer et al., 2010).

Otra fuente de cloruros es la descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales a aguas superficiales; las heces humanas, por ejemplo suponen unos 6 g de cloruros por persona día; un contenido elevado de cloruro puede dañar las conducciones y estructuras metálicas y perjudicar el crecimiento vegetal; el umbral del gusto de los cloruros es de 200 mg/L a 300 mg/L; los cloruros no tienen un efecto nocivo en la salud, pero en concentraciones superiores a 250 mg/L este valor está basado en el sabor del agua el cual es percibido organolépticamente, y no en algún daño fisiológico conocido (APHA, 2005).

La presencia de cloro residual en el agua provoca, con frecuencia, un fuerte rechazo de la misma por parte del consumidor. Pero, es fundamental mantener en las redes de distribución pequeñas concentraciones de cloro libre residual, para asegurar que el agua ha sido convenientemente desinfectada. El umbral de detección de sabor es de 0.5 ppm. El cloro presente en el agua no representa ningún peligro para el consumidor. No obstante, es

importante señalar que la ausencia de cloro libre residual no implica la presencia de contaminación microbiológica (Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010 SA).

Fluoruros.

Es elemento esencial para la nutrición del hombre. Su presencia en el agua de consumo a concentraciones adecuadas combate la formación de caries dental, principalmente en los niños (0.8 a 1.2 mg/L). Sin embargo, si la concentración de fluoruro en el agua es alta, podría generar manchas en los dientes (fluorosis dental) y dañar la estructura ósea (Canepa, 2004).

La fuente de fluoruro en el agua subterránea, está en las rocas; es decir, durante la interacción agua-roca, el agua rica en NaHCO_3 acelera la disolución de los minerales, liberando F^- en el agua a través del tiempo. El fluoruro es liberado al agua subterránea por el proceso del intemperismo químico de rocas ígneas intermedias y félsicas como la biotita, anfíboles, flogopita y florita; también se debe a la disolución de minerales fluorados y al alto contenido de Na y HCO_3 , producto de disolución de albita (feldespato sódico) que está integrado en la matriz de las rocas (Huizar et al., 2016).

Fosfatos.

Su origen es el lixiviado de los terrenos que atraviesa, o por contaminación orgánica. La fuente contaminante de fósforo es por el uso de los detergentes polifosfatados. El ión fosfato en general forma sales muy poco solubles y precipita fácilmente como fosfato cálcico. Como procede de un ácido débil contribuye a la alcalinidad del agua. No suele haber en el agua más de 1 ppm, salvo en los casos de contaminación por fertilizantes fosfatados (APHA, 2005).

Nitratos.

El nitrato (NO_3^-) contenido en agua subterránea se explica por diversos factores; entre ellos destacan las operaciones de granjas y establos con la aplicación de excretas de animales en áreas cultivables, la aplicación de fertilizantes nitrogenados y plaguicidas en la agricultura de

riego temporal y la presencia de tanques sépticos (Filintas, 2015). Además de las actividades agrícolas, existen otros factores que afectan la concentración de nitrato en los acuíferos, como son: el uso y el tipo de suelo, que favorece o resiste la filtración del agua de lluvia que arrastra al ión nitrato, la variabilidad meteorológica, la profundidad de los pozos y la frecuencia de fertilización, lo que origina cambios en la filtración del nitrato hacia los depósitos de agua (Muñoz et al., 2004).

Los nitratos producidos en exceso para las necesidades de la vida vegetal, son transportados por el agua, luego estas se filtran a través del suelo, debido a que el suelo no tiene la capacidad de retenerlos pudiendo encontrarse en concentraciones superiores en aguas subterráneas; el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados incluyendo el amoníaco así como la contaminación causada por la acumulación de excretas humanas y animales puede contribuir a elevar la concentración de nitratos en el agua (Muñoz et al., 2004).

La toxicidad por el consumo de agua contaminada con nitrato es sobre todo severa en infantes que presentan una coloración azulosa en la piel como consecuencia de la anoxia celular producida por la fijación del nitrito en la hemoglobina, haciéndola incapaz de transportar/transferir oxígeno en la sangre. Por otro lado, en mujeres embarazadas, el consumo de agua contaminada con nitrato provoca abortos espontáneos y defectos de nacimiento en el sistema nervioso central (Manassaram et al., 2006).

Por lo anterior, los riesgos por la exposición a nitratos y nitritos para la salud no dependen únicamente de la exposición, sino que también influyen la existencia de condiciones favorables para la reducción de nitratos a nitritos y algunos factores inherentes al individuo, esto impide que se pueda formular una relación de dosisrespuesta con respecto a la presencia de nitratos en el agua o en los alimentos; en niños menores de 6 meses que consuman agua con concentraciones elevadas de nitratos y nitritos, podrían enfermar gravemente de metahemoglobinemia infantil (Sawyer et al., 2010).

Nitritos.

Los nitritos son poco estables químicamente, su presencia en el agua suele indicar una contaminación de carácter fecal reciente; en aguas superficiales su concentración no supera 0.1 mg/L. Sin embargo, en ríos con contaminaciones de aguas residuales urbanas e industriales apreciables pueden medirse niveles muy superiores; las aguas subterráneas sometidas a ambiente reductor y/o pobres en oxígeno, pueden contener también NO_2^- . Es importante citar que los nitratos desde el punto de vista fisiológico, pueden ser tóxicos debido a su poder de transformar la hemoglobina de la sangre en metahemoglobina incapaz de fijar el oxígeno y realizar correctamente la respiración celular. Además reaccionan dentro del organismo con aminas, amidas secundarias y terciarias formando nitrosaminas de alto poder cancerígeno. Los riesgos por la exposición a nitratos y nitritos para la salud no dependen únicamente de la exposición, sino que también influyen la existencia de condiciones favorables para la reducción de nitratos a nitritos y algunos factores inherentes al individuo (Sawyer et al., 2010).

Las altas concentraciones de estos compuestos en los puntos muestreados indican posible contaminación por sustancias orgánicas como tejidos de animales o vegetales y desechos (Tebbutt, 2011). De tal manera que, el nitrito al reaccionar con el grupo amino (NH_2) de las proteínas induce la formación de compuestos químicos con potencial carcinogénico llamados nitrosaminas, que pueden ser causa de cáncer (Filintas, 2015).

Sulfatos.

Los sulfatos se producen de forma natural en las aguas subterráneas y están a menudo presentes en los suministros de agua potable para uso doméstico. Los niveles normales de sulfatos y sulfuro de hidrógeno no tienen efecto sobre las personas que ingieren estas sustancias. Sin embargo, cuando la cantidad de sulfatos excede los niveles normales, las personas pueden sufrir efectos en su salud, en particular problemas gastrointestinales, causando diarrea, especialmente en los lactantes, los ancianos y las personas con condiciones de salud

subyacentes, ya que la diarrea prolongada puede causar deshidratación. La ingestión de altos niveles de sulfuro de hidrógeno puede causar náuseas y malestar. Los niveles excesivos de ácido sulfhídrico producen un olor a huevo podrido y un sabor fuerte (Casilla, 2014).

Algunos minerales que contienen sulfato son: el sulfato de sodio, sulfato de magnesio, y sulfato de calcio y se utilizan comercialmente, sobre todo en las industrias químicas y se descargan a través de los desechos industriales y de los depósitos atmosféricos; no obstante, las mayores concentraciones se dan por lo común en las aguas subterráneas, éstas se forman al moverse el agua a través de formaciones rocosas y suelos que contienen minerales sulfatados, una parte del sulfato se disuelve en las aguas subterráneas (Severiche y González, 2012).

La concentración de sulfatos en aguas es variable; aguas con importante contenido en sulfatos, insolubilizan los metales pesados allí presentes y minimizan su toxicidad; además los sulfatos en el agua de bebida provocan sabores amargos (APHA, 2005).

2.2.6 Parámetros bacteriológicos del agua para consumo humano.

Se utiliza el grupo de bacterias coliformes como principal indicador de calidad de los distintos tipos de agua; el número de coliformes en una muestra se usa como criterio de contaminación y por lo tanto, de calidad sanitaria de la misma (Kornacki y Johnson, 2001).

Los coliformes son bacilos Gram negativos, aerobios o anaerobios facultativos, que fermentan la lactosa con formación de gas cuando se incuban 48 horas a 35 °C, incluye los géneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Edwardsiella* y *Citrobacter*, viven como saprófitos independientes o como bacterias intestinales; estas bacterias son adecuadas como indicadores porque son habitantes comunes del tracto intestinal, tanto de las personas como de los animales de sangre caliente, donde están presentes en grandes cantidades (Cutimbo, 2012).

Coliformes totales.

Todos pertenecen a la familia Enterobacteriaceae; son bacterias aerobias y anaerobias facultativas, gram negativas, no esporuladas y de forma alargada, que desarrollan una colonia roja con brillo metálico en un medio tipo Endo que contenga lactosa tras una incubación de 24 horas a 35°C, con producción de gas; (Norma Técnica Peruana, 2012). Pueden hallarse tanto en heces como en el medio ambiente, por ejemplo aguas ricas en nutrientes, suelos, materias vegetales en descomposición. También hay especies que nunca o casi nunca se encuentran en las heces pero que se multiplican en el agua (Dirección General de Salud Ambiental [DIGESA], 2007).

La presencia de coliformes totales debe interpretarse de acuerdo con el tipo de aguas: deben estar ausentes en 85% de las muestras de aguas potables tratadas. En caso de estar presentes, su número no puede ser superior a 2-3 coliformes. Esta contaminación a pesar de ser baja, no puede ocurrir en tres muestras recolectadas en días consecutivos (Arcos et al., 2005).

Las fluctuaciones en la concentración de coliformes totales, es debido a su ubicación y a las condiciones ambientales presentes en el momento del muestreo; así la contaminación de los acuíferos es más severa en el periodo lluvioso debido al transporte y lixiviación de desechos fecales acumulados en el periodo seco provenientes de la población humana (Burgos, et al. 2017). De tal manera que, las actividades humanas y el crecimiento urbano son los principales factores para la contaminación de los acuíferos; de esta forma, el agua puede contener contaminantes químicos o biológicos que causan diversas enfermedades (Ramírez et al., 2010).

Las elevadas concentraciones de bacterias coliformes totales y fecales, evidencian la clara influencia antrópica sobre el medio natural (Formica et al., 2015); estas formas de contaminación orgánica y biológica más comunes son las fosas sépticas, pozos negros, fugas de sistemas de alcantarillado, vertido indiscriminado de aguas de letrinas (Aurazo, 2004).

Su velocidad de mortalidad depende de la temperatura del agua, los efectos de la luz solar, las poblaciones de otras bacterias presentes, y la composición química del agua. La presencia de coliformes en el agua indica la contaminación bacteriana reciente y constituye un indicador de degradación de los cuerpos de agua (Fernández, et al. 2011). De modo tal que constituye un riesgo para la salud de la población rural que se abastece de esta (Ontiveros, 2009).

Coliformes termotolerantes o fecales.

Los coliformes fecales se denominan termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas. Bacterias que forman parte del total del grupo coliformes y son definidos como Gram negativas, no esporuladas que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a $44^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ dentro de las $24 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$; constituyen aproximadamente el 10% de los microorganismos intestinales de los seres humanos y otros animales; la mayor especie en el grupo de coliformes termotolerantes es la *Escherichia* que a su vez es el índice de contaminación fecal más adecuado (Norma Técnica Peruana, 2012).

Las bacterias del tracto intestinal como las coliformes termotolerantes, no suelen sobrevivir en el medio acuático, están sometidas a un estrés fisiológico y pierden gradualmente la capacidad de producir colonias en medios diferenciales y selectivos. Su velocidad de mortalidad depende de la temperatura del agua, efectos de la luz solar, las poblaciones de otras bacterias y la composición química (Fernández et al., 2011).

Sin embargo, la capacidad de reproducción de los coliformes fecales fuera del intestino de los animales homeotermos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad, etc. Por consiguiente, la presencia de coliformes en el suministro de agua es un indicio de que puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2006).

2.2.7 Los Límites Máximos Permisibles para agua de consumo humano y los Estándares de Calidad Ambiental para Aguas.

Los Límites Máximos Permisibles (LMP) y los Estándares de Calidad Ambiental para aguas (ECA), son instrumentos de gestión ambiental que consisten en parámetros y obligaciones que buscan regular y proteger la calidad y salud ambiental. Los LMP, es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental (Resolución Ministerial N° 225-2010-MINAM).

Mediante el Decreto Supremo N°. 004-2017-MINAM, se aprueban los ECA para Agua vigentes. Los cuales establecen el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los ECA son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas. No se otorga la certificación ambiental establecida mediante la Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, cuando el respectivo EIA concluye que la implementación de la actividad implicaría el incumplimiento de algún Estándar de Calidad Ambiental. Los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental también deben considerar los Estándares de Calidad Ambiental al momento de establecer los compromisos respectivos (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2008).

Por lo tanto, los LMP guardan coherencia entre el nivel de protección ambiental establecido para una fuente determinada y los niveles generales que se establecen en los ECA. La implementación de estos instrumentos debe asegurar que no se exceda la capacidad de carga de los ecosistemas, de acuerdo con las normas sobre la materia (Urteaga et al., 2019).

Entonces, la diferencia que existe entre ambos parámetros, es que la medición de un ECA se realiza directamente en los cuerpos receptores, mientras que en un LMP se da en los puntos de emisión y vertimiento. Sin embargo, ambos instrumentos son indicadores que permiten a través del análisis de sus resultados, establecer políticas ambientales (ECA) y correcciones el accionar de alguna actividad específica (LMP).

Según las normas peruanas de calidad de agua para el consumo humano aprobado en el 2010 da como límites permisibles microbiológicos, parasitológicos y organolépticos los siguientes:

Tabla 2. Límites Máximos Permisibles de Parámetros organolépticos y físicoquímicos de agua de consumo humano.

Parámetros	Unidad/Medida	Límite Máximo Permissible
Color	UCV escala Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
Solidos Totales Disueltos	mg/L	1000
pH	Valor de pH	6.5 a 8.5
Cloruros	mgCl/L	250
Fluoruros	mgF/L	1
Nitratos	mgNO ₃ /L	50
Nitritos	mgNO ₂ /L	3 exposición corta 0.2 Exposición larga
Sulfatos	mgSO ₄ /L	250

Fuente: con datos del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

Tabla 3. Límites Máximos Permisibles de parámetros microbiológicos de agua de consumo humano.

Parámetros	Unidad de medida	Límite Máximo Permissible
Bacterias Coliformes Totales	NMP/100mL	< 1.8
Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales	NMP/100mL	< 1.8

Fuente: con datos del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

2.2.8 Métodos de análisis para la evaluación de la calidad del agua.

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 (DIGESA, 2007).

El muestreo de aguas consiste en coleccionar una porción del material (muestra), cuyas características sean representativas de aquellas que pertenecen al material del cual se tomó la muestra (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2004). Esto implica que la proporción o concentración relativa de todos los componentes serán las mismas en las muestras que en el

material de donde proceden, y que dichas muestras serán manejadas de tal forma que no se produzcan alteraciones significativas en su composición antes de que se hagan las pruebas correspondientes. La calidad de los resultados depende de las siguientes actividades:

- ✓ Formular los objetivos particulares para el programa de muestreo.
- ✓ Colectar muestras representativas.
- ✓ Manejar adecuadamente la muestra y su preservación.
- ✓ Observar los lineamientos de aseguramiento y control de calidad en el campo.
- ✓ Analizar apropiadamente las muestras.

La DIGESA y las DESA son las que se encargan de la parte operativa llevando a cabo el cumplimiento del “Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano monitoreo. El protocolo tiene por objetivo estandarizar los procedimientos técnicos, equipos y materiales que deben utilizar y criterios que se deben aplicar para la toma de muestras, preservación, transporte, almacenamiento y recepción por parte del laboratorio de las muestras de agua para consumo humano. Además el protocolo es de aplicación a nivel nacional y de cumplimiento obligatorio para la DIGESA, Laboratorio de Control Ambiental, las Direcciones Ejecutivas Regionales de Salud, Gerencia Regional de Salud; Direcciones Regionales de Salud de Lima o las que hagan sus veces en el ámbito Regional que realizan acciones de vigilancia de la calidad de agua para consumo humano (Resolución Directoral N° 160-2015/DIGESA/SA).

Se debe poner énfasis en el tratamiento primario de estas aguas mediante cloro residual, haciendo un monitoreo constante de su calidad, ya que éste es un agente químico muy eficaz para eliminar bacterias termotolerantes, principales causantes de las enfermedades. Además, es pertinente advertir a los pobladores, que el agua, antes de ser consumida, debe ser hervida (Chong, 2010).

2.2.9 Enfermedades por la contaminación del agua.

El mayor impacto sobre la salud pública se da a través de los sistemas de abastecimiento de agua; la alteración de las características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas de la fuente de abastecimiento incide directamente sobre el nivel de riesgo sanitario presente en el agua, el cual se define como el riesgo de transportar agentes contaminantes que puedan causar enfermedades de origen hídrico al hombre y a los animales o alterar el normal desempeño de las labores dentro del hogar o la industria; por lo tanto debe ser una de las principales prioridades de las autoridades en fomentar el cuidado y monitoreo, ya que de lo contrario obtendremos una masificación de las enfermedades producidas por el consumo de agua sin calidad (Torres et al., 2009).

El agua necesaria para cada uso personal o doméstico, debe ser salubre, y por tanto, no ha de contener microorganismos o sustancias químicas o radioactivas que puedan constituir una amenaza para la salud de las personas. Además el agua debería tener un color, un olor y un sabor aceptables para cada uso personal o doméstico. El consumo de agua contaminada puede producir enfermedades infecciosas y otras causadas por agentes tóxicos; la diarrea, la tifoidea y el cólera son causas principales de muerte y enfermedad en países en desarrollo. Patógenos como la *Giardia* sp y el *Cryptosporidium* sp, protozoarios transmitidos regularmente a través del agua, pueden causar problemas crónicos de digestión y conducir a la malnutrición, colocando a niños y niñas en mayor riesgo y vulnerabilidad ante otro tipo de infecciones (Angulo, 2009).

En tal sentido, las enfermedades transmitidas por el agua son enfermedades provocadas por el consumo del agua contaminada con restos fecales de humanos o animales y que contiene microorganismos patogénicos. El estudio de la relación agua/salud y la prevención de enfermedades es de suma importancia. Sin embargo, la visión general de las enfermedades transmitidas por el agua es complicada por un gran número de razones. Existe información disponible para ciertas aguas, saneamiento y enfermedades relacionadas con la higiene

(incluyendo salmonelosis, cólera, sigelosis), pero otras como la malaria, Esquistosomiasis u otras infecciones más recientes como legionelosis o SARS CoV necesitan de un mayor análisis e investigación. El problema que acarrear muchos grupos de enfermedades en algunas ocasiones se puede atribuir al agua. El agua es un importante transmisor de enfermedades (Frers, 2006).

Tabla 4. Principales enfermedades por la contaminación del agua.

Tipo de microorganismo	Enfermedad	Síntomas
Bacterias	Cólera	Diarreas y vómitos intensos. Deshidratación. Frecuentemente es mortal si no se trata adecuadamente.
Bacterias	Tifus	Fiebres. Diarreas y vómitos. Inflamación del bazo y del intestino.
Bacterias	Disentería	Diarrea. Raramente es mortal en adultos, pero produce la muerte de muchos niños en países poco desarrollados.
Bacterias	Gastroenteritis	Náuseas y vómitos. Dolor en el aparato digestivo. Poco riesgo de muerte
Virus	Hepatitis	Inflamación del hígado e ictericia. Puede causar daños permanentes en el hígado.
Virus	Poliomielitis	Dolores musculares intensos. Debilidad. Temblores. Parálisis. Puede ser mortal.
Protozoos	Disentería amebiana	Diarrea severa, escalofríos y fiebre. Puede ser grave si no se trata.
Gusanos	Esquistosomiasis	Anemia y fatiga continuas.

Fuente: Frers, 2006.

2.2.10 Aguas residuales municipales.

Son aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas, tengan que ser vertidas a un cuerpo natural de agua o reusadas y que por sus características de calidad requieren de un tratamiento previo (Autoridad Nacional del Agua, 2010).

Las aguas residuales municipales, también llamadas aguas negras, son una mezcla compleja que contiene agua (por lo común más de 99%) mezclada con contaminantes orgánicos e inorgánicos, tanto en suspensión como disueltos. La concentración de estos contaminantes normalmente es muy pequeña, y se expresa en mg/L, esto es, miligramos de contaminante por litro de mezcla. Ésta es una relación de peso/volumen que se emplea para indicar concentraciones de componentes en agua, aguas residuales, desperdicios industriales y otras soluciones diluidas. Puesto que la densidad relativa de estas soluciones es similar a la del agua, las concentraciones también se pueden considerar relaciones de peso/peso, como mg/kg o ppm.

Estas aguas normalmente se recogen en un sistema de alcantarillado público y se envían a los centros de tratamiento para su eliminación sin peligro; la cantidad de aguas residuales municipales por lo común se determina a partir del uso de agua; sólo del 70 al 90% del agua suministrada llega a las alcantarillas (Tena y Garay, 2019).

2.2.10.1 Componentes de las aguas residuales municipales.

Microorganismos. Dondequiera que hay alimento adecuado, suficiente humedad y una temperatura idónea, los microorganismos prosperan. Las aguas negras proporcionan un ambiente ideal para una inmensa colección de microbios, sobre todo bacterias, más algunos virus y protozoarios. La mayoría de los microorganismos de las aguas residuales son inofensivos y se pueden emplear en procesos biológicos para transformar la materia orgánica en productos finales estables. No obstante, las aguas negras también pueden contener

patógenos provenientes de los excrementos de personas con enfermedades infecciosas susceptibles de transmitirse en el agua contaminada.

Materia orgánica. Las proteínas y carbohidratos constituyen el 90% de la materia orgánica de las aguas negras domésticas. Las fuentes de estos contaminantes biodegradables incluyen los excrementos y la orina de humanos, los residuos de alimentos de los lavaderos, el polvo y la suciedad procedente del baño y del lavado de ropa, más varios jabones, detergentes y otros productos de limpieza (Tena y Garay, 2019).

2.2.10.2 Planta de tratamiento de aguas residuales.

Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales domésticas o municipales (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2010). Si los sistemas son imprácticos o inadecuados, el tratamiento se debe llevar cabo en una PTAR dotada de mecanización y control, la planta puede satisfacer los requisitos para efluentes o agua en espacio más pequeño, en menos tiempo y quizá donde el terreno es caro, a un menor costo que los sistemas equivalentes de tratamiento con base a terrenos (Tena y Garay, 2019).

2.3 Definición de términos

2.3.1 Sistema de Abastecimiento del agua.

Es el conjunto de tuberías, instalaciones y accesorios destinados a conducir las aguas requeridas por una población determinada para satisfacer sus necesidades, desde su lugar de existencia natural o fuente hasta el hogar de los usuarios (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2006).

2.3.2 Agua potable.

Se denomina agua potable o agua para consumo humano, al agua que puede ser consumida sin restricción debido a que, gracias a un proceso de purificación, no representa un riesgo para

la salud. El término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales (OMS, 2006).

2.3.3 Manantial.

Un manantial puede definirse como un punto de la superficie del terreno que de modo natural descarga a la superficie una cantidad determinada de agua, procedente de un acuífero o embalse subterráneo (Ayala, 2014).

2.3.4 Captación.

Es una caja de concreto que sirve para proteger, juntar o reunir el agua que sale del manante. Es la estructura destinada a facilitar la derivación de los caudales demandados por la población (OMS, 2006).

2.3.5 Líneas de conducción.

Se denomina línea de conducción a la parte del sistema constitutivo por el conjunto de duetos y accesorios destinados a transportar el agua desde donde se encuentra en estado natural hasta un punto que puede ser un tanque de almacenamiento o bien una planta potabilizadora.

2.3.6 Línea de aducción.

Para efectos de diseño y de su operación y mantenimiento, se denomina así al conducto que transporta o conduce el agua tratada desde un reservorio hasta las redes de distribución; pasando a través de cámaras de sectorización.

2.3.7 Reservorio.

Es una estructura de concreto armado, que sirve para almacenar, realizar el tratamiento del agua, para luego ser distribuida a la comunidad en forma controlada.

2.3.8 Red de Distribución.

Es el conjunto de tuberías y accesorios destinados a conducir las aguas a todos y cada una de los usuarios a través de las calles. La red de distribución se inicia en la primera casa de la comunidad (OMS, 2006).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación de la Investigación:

3.1.1 Ubicación geográfica.

La investigación se llevó a cabo en el Anexo La Asunción, distrito José Sabogal, provincia de San Marcos, Región Cajamarca, a 7° 15' 35" latitud sur y 78° 1' 22" longitud oeste; a 3181 msnm. La planta de tratamiento de aguas servidas del centro urbano está a una altitud de 3 272 msnm (figura 1).



Figura 1. Ubicación geográfica de la investigación.
Fuente. Google Earth, 2019.

3.1.2 Ubicación política.

El Anexo La Asunción se ubica en el distrito José Sabogal, provincia de San Marcos.

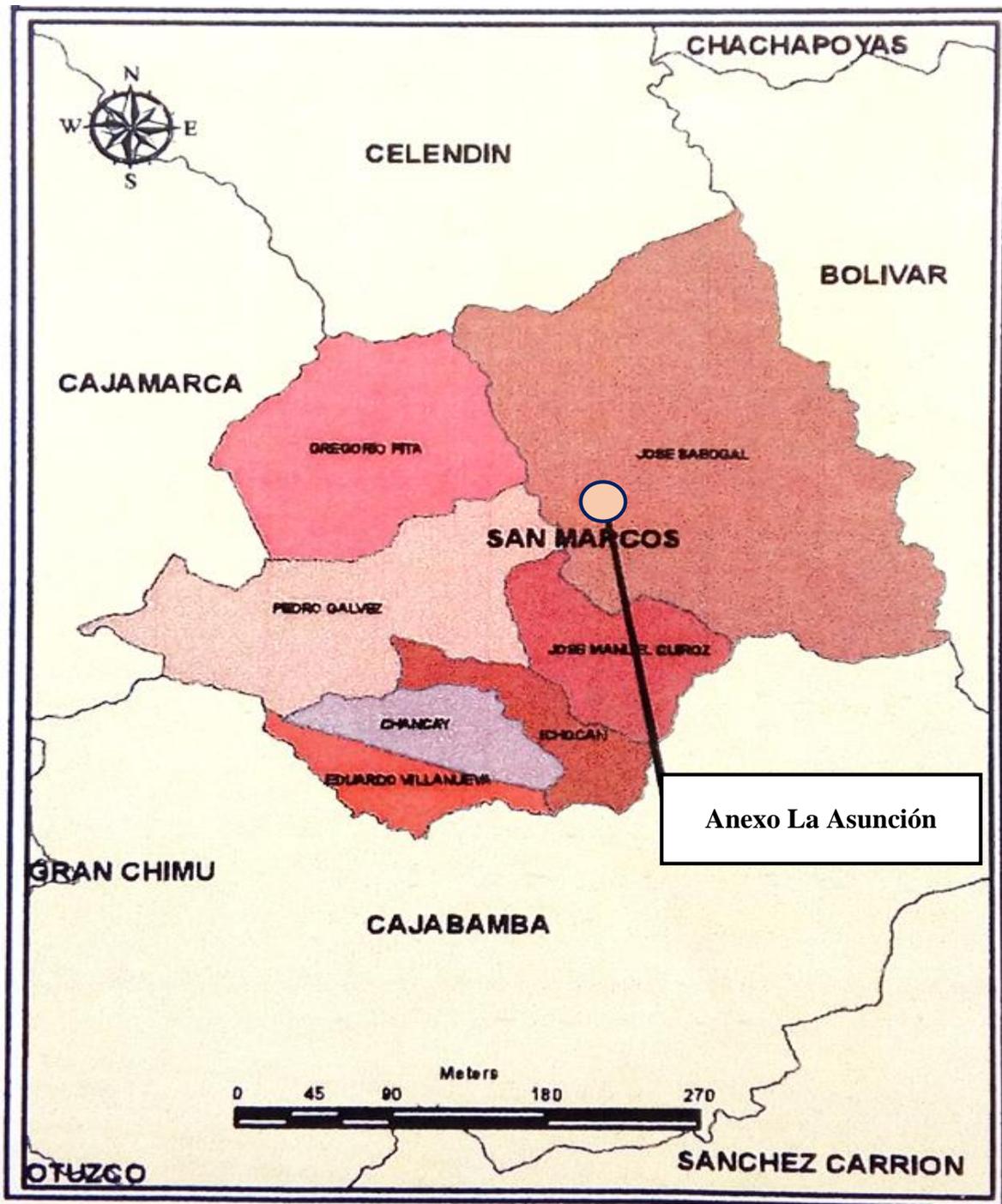


Figura 2. Mapa de ubicación política del Anexo La Asunción.
Fuente: Administración Local del Agua Crisnejas-Cajabamba, 2018.

3.1.3 Descripción de la zona de estudio.

3.1.3.1 Topografía.

La planta de tratamiento de aguas servidas del centro urbano Venecia, se encuentra a 500 metros de distancia de la plaza de armas del distrito José Sabogal, cuyo acceso es por la trocha carrozable que conduce de Venecia al centro poblado San Isidro o viceversa. El área de la planta de tratamiento de aguas servidas es de 600 m², es decir de largo tiene 30 m y de ancho 20 m, cuyo perímetro se halla protegido por un cerco vivo de cipreses, siendo el terreno de propiedad de la municipalidad.

Las captaciones de los manantiales y cámara de recolección, están ubicadas en la parte baja de la planta de tratamiento de aguas servidas, a 100 metros de distancia, con un desnivel de 20 metros aproximadamente, es decir, las captaciones de agua El Tinguillo y El Tambo se hallan en una ondanada a manera de vaso, con presencia de suelos franco arcillosos; la distancia entre las captaciones es de 12 metros. En dirección oeste, cerca de las dos captaciones existe un camino peatonal que conduce a los moradores de los caseríos aledaños como son Aguas Verdes, Santa Irene y Casa Blanca hacia el centro poblado San Isidro.

3.1.3.2 Clima de la ciudad Venecia.

Existe una gran cantidad de lluvia en Venecia, incluso en el mes más seco. De acuerdo con Köppen y Geiger, el clima se clasifica como Cfb; predomina un verano suave: la temperatura media del mes más cálido no llega a los 22°C pero se superan los 10°C durante cuatro o más meses al año, es llamado clima oceánico o atlántico, templado y húmedo, y se da en las regiones occidentales de las grandes masas continentales como en Europa Occidental y sur de Chile. La temperatura aquí es en promedio 10.5 ° C. En un año, la precipitación media es 1166 mm. En la tabla 5, se detalla los datos históricos de precipitación y temperatura en Venecia correspondiente a los años 2002 al 2012.

Tabla 5. Datos de temperatura y precipitación en Venecia del año 2002 al 2012.

PARÁMETROS	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
T° media (°C)	11.5	11	10.9	10.9	10.2	9.4	9.4	9.7	10.4	11	11.1	11.1
T° mín. (°C)	5.1	4.8	4.7	4.4	2.5	0.7	0.6	1.1	2.4	3.8	3.6	3.8
T° máx. (°C)	17.9	17.2	17.2	17.4	17.9	18.2	18.3	18.3	18.4	18.3	18.6	18.5
Precipitación (mm)	125	154	181	126	57	27	25	27	61	135	115	133

Enero es el mes más cálido del año; la temperatura promedio en enero es 11.5 ° C. Las temperaturas medias más bajas del año se producen en junio, cuando está alrededor de 9.4 ° C. La variación en las temperaturas durante todo el año es 2.1 ° C. El mes más seco es julio, con 25 mm de lluvia. La mayor cantidad de precipitación ocurre en marzo, con un promedio de 181 mm. Además existe una diferencia de 156 mm de precipitación entre los meses más secos y los más húmedos (<https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/cajamarca/venecia-1021827/#temperature-graph>).

3.1.3.4 Hidrología

En el distrito de José Sabogal existe dos ríos, La Bachota y Mirilis; pero, cerca al área de estudio no se encuentran, solo existe una quebrada denominada Los Tinguillos, la cual se ubica a hacia el sur de las captaciones de los manantiales, aproximadamente a 40 metros de distancia, la cual es fuente de bebida para animales silvestres y ganado que se encuentran en la parte baja de la zona. A nivel de distrito existe 64 Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS), las mismas que se hallan registradas en la Autoridad Local del Agua del Crisnejas; seis caseríos no tienen agua en sus domicilios. El caudal de agua promedio del manantial El Tinguillo es de 0.10 l/s y del manantial El Tambo es 0.14 l/s; es decir el caudal del sistema de agua de consumo humano del Anexo La Asunción es de 0.24 l/s, el cual abastece a una población beneficiaria de 183 personas, distribuida en 40 familias, cuyas viviendas en su mayoría se encuentran distanciadas entre ellas. El reservorio es de 10 m³ de capacidad y está a ubicado a 450 m de las captaciones de agua.

3.2 Materiales:

3.2.1 Materiales de campo:

- Kit de muestreo de agua.
- Cooler (termo refrigerante).
- Termómetro digital portátil marca HANNA HI 98190 (pH/ORP/°C).
- Cronómetro.
- Plumón marcador.
- Guantes de látex.
- Alcohol
- Tablero
- Lapiceros.
- Etiquetas de papel para rotular las muestras de agua.
- Cámara fotográfica.
- Wincha.
- GPS.
- Cinta adhesiva.

3.2.2 Materiales y equipos para recopilación y análisis de información:

- Calculadora.
- Computadora y software (Excel, Word, PowerPoint).
- Impresora.
- Materiales de escritorio.

3.3 Métodos.

3.3.1 Tipo de investigación.

La investigación utilizada fue de tipo descriptivo comparativo, para lo cual se utilizó la metodología de inspección, verificación in situ, siguiendo los protocolos establecidos por la DIGESA; sobre la que se busca especificar, analizar y comparar las propiedades y características del agua de consumo humano del Anexo La Asunción, José Sabogal-San Marcos-Cajamarca, referente a los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos (coliformes totales y coliformes termotolerantes).

3.3.2 Diseño de Investigación.

El diseño de investigación fue no experimental de tipo transeccional o transversal (recolección de datos en un solo momento, en un tiempo único). Lo que se hizo en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlas. Los diseños transeccionales tienen la ventaja de que se basan en la observación de objetos de investigación tal como existe en la realidad, sin intervenir en ellos ni manipularlas.

3.4 Análisis del agua del Anexo La Asunción.

3.4.1 Metodología de muestreo.

La metodología de muestreo fue de acuerdo a los lineamientos del Protocolo de Monitoreo de Aguas de la DIGESA, aprobado según Resolución Directoral N° 160-2015/DIGESA/SA; el cual indica los procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo. Las muestras de agua fueron analizadas en el Laboratorio Regional del Agua Cajamarca.

3.4.2 Determinación y frecuencia de monitoreo.

Los puntos de muestreo fueron tres: captación El Tinguillo, captación El Tambo y reservorio. Se llevó a cabo durante seis meses, la frecuencia fue mensual, siendo un total de 18 muestreos (tabla 6).

Tabla 6. Georeferenciación de los puntos de muestreo.

Puntos de muestreo	Georeferenciación GW84		
	E	N	Altura (msnm)
Captación El Tinguillo	827747	9197187	3 254
Captación El Tambo	827744	9197167	3 251
Reservorio	828070	9196983	3 245

3.4.3 Parámetros de monitoreo.

Durante el levantamiento de la información en campo, y luego en el laboratorio se analizó los parámetros que se describen a continuación:

3.4.3.1 Parámetros físicos:

Temperatura (T°). Este parámetro fue medido en campo, utilizando el termómetro digital portátil marca HANNA HI 98190 del Centro de Salud José Sabogal, en las mismas fechas y hora de la recolección de muestras.

Turbidez. Este parámetro se evaluó en el laboratorio regional del agua Cajamarca.

Sólidos Disueltos Totales. Este parámetro se evaluó en el laboratorio regional del agua Cajamarca

Color. Este parámetro también se analizó en el laboratorio regional del agua Cajamarca.

3.4.3.2 Parámetros químicos:

Potencial hidrógeno (pH). Parámetro analizado en campo.

Cloruros. Parámetro analizado en el laboratorio regional del agua Cajamarca.

Fluoruros. Parámetro analizado en el laboratorio regional del agua Cajamarca.

Fosfatos. Parámetro analizado en el laboratorio regional del agua Cajamarca.

Nitratos. Parámetro analizado en el laboratorio regional del agua Cajamarca.

Nitritos. Analizado en el laboratorio regional del agua Cajamarca.

Sulfatos. Parámetro analizado en el laboratorio regional del agua Cajamarca.

3.4.3.3 Parámetros microbiológicos:

Coliformes totales. Parámetro analizado en el laboratorio regional del agua Cajamarca, teniendo en cuenta los protocolos establecidos por la DIGESA.

Coliformes termotolerantes o fecales. Analizado en el laboratorio regional del agua Cajamarca, teniendo en cuenta los protocolos establecidos por la DIGESA.

3.4.4 Etiquetado.

El etiquetado o rotulado de los envases se hizo antes de ir al campo para el muestreo, utilizando plumón indeleble, con la finalidad de que no se borre. En el caso de los envases para muestreo bacteriológico se etiquetó directamente en la botella de vidrio, para el caso del muestreo fisicoquímico se utilizó una etiqueta, que fue pegado en los envases. La información básica registrada en el etiquetado fue: punto de muestreo, hora y fecha, nombre del muestreador, tipo de análisis a realizar.

3.4.5 Recipientes y toma de muestras para parámetros fisicoquímicos.

Para el análisis fisicoquímico, las muestras se tomaron en frascos de polietileno, de 1000 ml de capacidad, proporcionados por el laboratorio regional del agua Cajamarca; no se requirieron preservantes. Se protegió a la muestra de la luz y se evitó la agitarla. El análisis de

temperatura, fue evaluado en el campo. Para llenar el frasco con la muestra, se sostuvo el frasco por la parte inferior y sumergirlo hasta una profundidad de aproximadamente 15 centímetros, con la boca del frasco ligeramente hacia arriba, se tapó y se almacenó en el cooler, para luego conducirlo al laboratorio.

3.4.6 Recipientes y toma de muestras para parámetros bacteriológicos.

Para el análisis bacteriológico, se utilizaron frascos proporcionados por el laboratorio regional del agua; los cuales fueron de vidrio, de 250 mL de capacidad; estos frascos son previamente esterilizados a presión de 15 psi y 121°C durante 15 minutos, tapados y amarrados con papel. Para la colecta de la muestra, se destapó la botella sosteniendo la tapa con una mano, con la otra se invirtió boca abajo el envase y se introdujo unos 15 centímetros bajo la superficie, se dio vuelta de manera que se llene hasta las 3/4 partes del envase, evitando que el agua que toca la mano entre en la botella. Inmediatamente se sacó y tapó el envase, para luego ser colocado en la caja y conducido al laboratorio.

3.4.7 Preservación de las muestras.

Las muestras fueron trasladadas al laboratorio lo antes posible. El tiempo límite entre el muestreo y el inicio del examen bacteriológico es 24 horas; pero para nuestro caso el tiempo fue de 8 horas aproximadamente. Las muestras fueron transportadas en condiciones de refrigeración (4-10 °C), es decir en cajas de plástico, las cuales conservaron este rango de temperatura. Se colocó dentro del cooler con hielo o gel refrigerado. En el laboratorio la muestra fue conservada a temperatura de refrigeración hasta el inicio del examen.

3.4.8 Transporte de las muestras: embalaje y envío.

Los frascos fueron transportados en una caja o cooler resistente para evitar roturas. Este cooler fue de plástico o polietileno. La caja tuvo suficiente espacio para colocar las bolsas con la mezcla refrigerante que permitió que la muestra se conserve a temperatura de refrigeración.

En la cubierta de caja de transporte se colocó una etiqueta que, de manera impresa, mostró de un modo muy claro las inscripciones: “Frágil, Muestras de agua, Urgente y Este lado hacia arriba”; así como la dirección del laboratorio al que se trasladaron las muestras y el nombre de la persona que las recolectó. Además las muestras fueron acompañadas de la cadena de custodia, que tiene por objetivo rastrear la muestra desde el momento del muestreo hasta su entrega al laboratorio.

3.4.9 Análisis de datos.

Para la tabulación y análisis de los datos se utilizó el programa Microsoft Office Excel 2013; para hallar el coeficiente de correlación, se utilizó el enfoque del coeficiente de Pearson. Para interpretar el coeficiente de correlación se han utilizado las escalas 3 y 4 de Pearson y Spearman; según Martínez, la escala 3 ofrece los rangos $R < 0.5$: mala; $0.5 \leq R < 0.8$: buena; $0.9 \leq R < 1$: excelente; $R = 1$: perfecta; mientras la escala 4 ofrece los rangos 0.0 a 0.25: escasa o nula; de 0.26 a 0.50: débil; de 0.51- 0.75: entre moderada y fuerte; de 0.76 a 1.00: entre fuerte y perfecta; el valor de p fue menor a 0.05. Además, todas son correlaciones lineales (Martínez et al., 2009).

Los datos de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos obtenidos, fueron comparados con los límites máximos permisibles del reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Temperatura (°C) del agua en los tres puntos de muestreo.

Tabla 7. Estadísticos descriptivos de temperatura del agua (°C).

Punto de muestreo	N° Datos	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
C. El Tinguillo	6	13.2	14.3	13.6	0.38
C. El Tambo	6	13.3	14.4	13.8	0.39
Reservorio	6	13.1	14.1	13.5	0.38

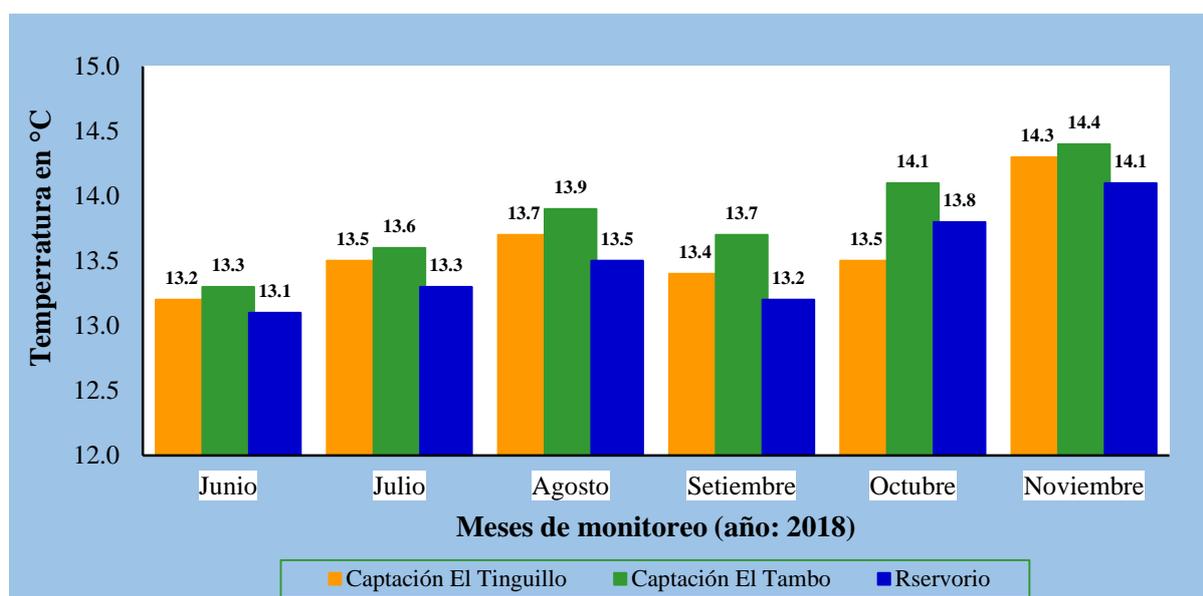


Figura 3. Temperatura (°C) del agua en los tres puntos de monitoreo.

En la figura 3 se observa que la temperatura del agua en la captación El Tinguillo varió de 13.2°C a 14.3°C; mientras que la temperatura del agua de la captación El Tambo osciló entre 13.3°C y 14.4°C. El agua del reservorio presentó una temperatura que varía de 13.1°C a 14.1°C; es decir, que en este punto de muestreo, la temperatura es mínimamente inferior a la temperatura del agua de las dos captaciones, debido posiblemente a que la infraestructura del tanque es de concreto armado y se halla sobre la superficie del suelo, impidiendo la retención

del calor. La máxima temperatura del agua corresponde a la captación El Tambo, posiblemente debido al ligero calentamiento del suelo, por encontrarse en nivel más bajo y encerrado, respecto a la Captación El Tinguillo.

Los valores reportados no se encuentran contemplados en el reglamento de la calidad del agua para consumo humano D.S 031- 2010-SA, pero fueron tomados como valores de referencia para la zona.

La temperatura está determinado por la región y el clima, es un indicador de la calidad del agua, que influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas. Si la temperatura del agua es alta puede ser un factor para la proliferación de microorganismos, ocasionando el aumento de problemas tanto en el sabor, olor, color y corrosión (Severiche y Gonzales, 2012).

4.2 Turbidez del agua en los tres puntos de muestreo.

Tabla 8. Estadísticos descriptivos de turbidez del agua.

Punto de muestreo	N° Datos	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
C. El Tinguillo	6	0.05	0.25	0.14	0.10
C. El Tambo	6	0.05	1.11	0.31	0.40
Reservorio	6	0.05	0.29	0.19	0.12

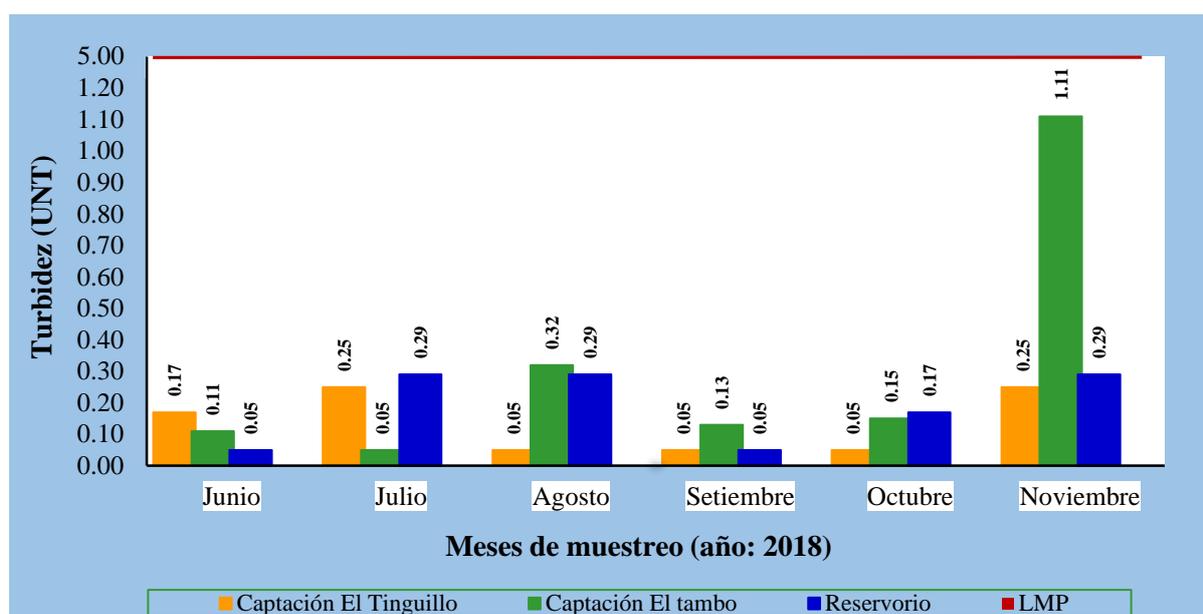


Figura 4. Determinación de la turbidez del agua en los tres puntos de monitoreo.

En la tabla 8 se observa que la turbidez del agua en la captación El Tinguillo ha variado de 0.05 a 0.25 UNT; mientras que en la captación El Tambo osciló entre 0.05 y 1.11 UNT y en el reservorio ha variado de 0.05 a 0.29 UNT; el máximo valor promedio se registró en la captación El Tambo.

Además, en la figura 4 se observa que los valores registrados, en los tres puntos de monitoreo se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (5 UNT) establecidos en el reglamento de la calidad del agua para consumo humano D.S 031- 2010-SA. Sin embargo, en el mes de noviembre se registró el valor máximo de turbidez (1.11 UNT) y corresponde al agua de la captación El Tambo, debido posiblemente a filtraciones existentes como consecuencia de las fuertes precipitaciones que cayeron en ese periodo; generando sedimentos

procedentes de la erosión de los suelos y posibles microorganismos; ya que este punto de muestreo se ubica a una altitud menor respecto a la otra captación de agua. Entonces, este valor suele asociarse posiblemente a altos niveles de microorganismos como virus y bacterias (APHA, 2005).

Los datos reportados de turbidez del agua fueron relativamente bajos; lo cual sugiere, menor concentración de microorganismos, bacterias, protozoos, entre otros; presentes en la misma; además las partículas que provocan la turbiedad pueden causar disminución en la eficiencia del proceso de desinfección, ya que los microorganismos se pueden adherir en la superficie de aquellas (Zubizarreta, 2010).

4.3 Sólidos disueltos totales del agua en los tres puntos de muestreo.

Tabla 9. Estadísticos descriptivos de sólidos disueltos totales del agua.

Punto de muestreo	N° Datos	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
C. El Tinguillo	6	311	351	324.8	14.8
C. El Tambo	6	302	359	334.8	18.5
Reservorio	6	296	369	333.6	29.4

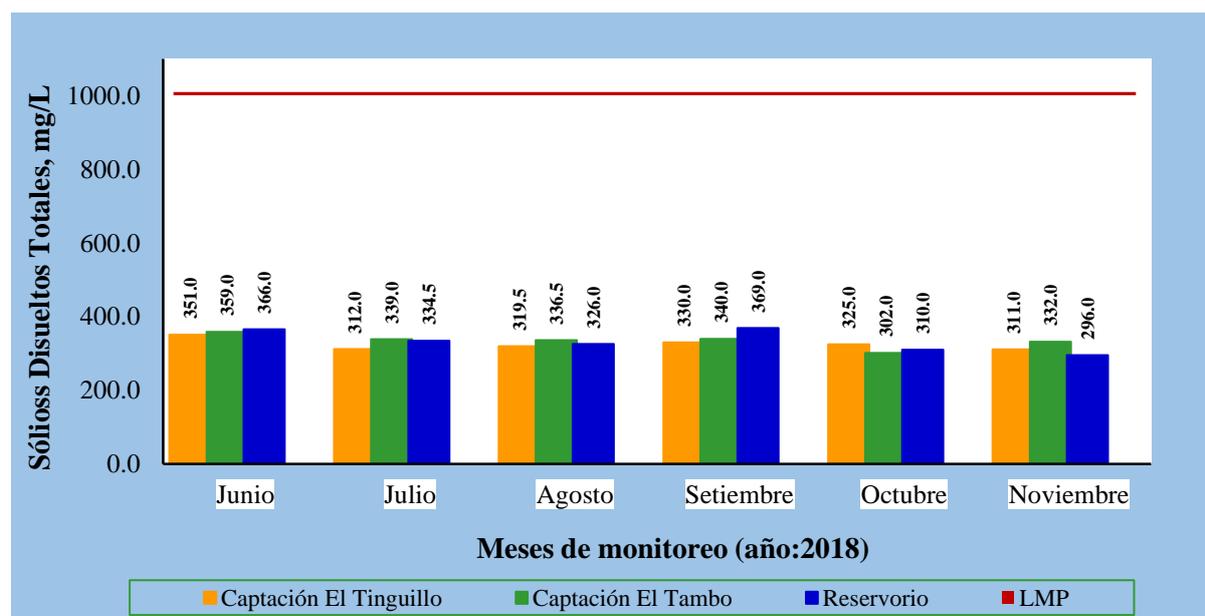


Figura 5. Sólidos disueltos totales del agua en los tres puntos de muestreo.

En la figura 5 se observa que los valores registrados en los tres puntos de monitoreo fueron casi estables y se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (1000 mg/L) establecidos en el reglamento de la calidad del agua para consumo humano D.S 031- 2010-SA.

En efecto, los resultados obtenidos de STD han sido bajos y concuerdan con reportes de temperatura, turbiedad y color del presente estudio; esto sugiere como consecuencia de la disolución de los minerales de las rocas del suelo durante su flujo de las partes altas hacia las bajas (Robles et al., 2013); y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua (Casilla, 2014).

4.4 Color del agua en los tres puntos de monitoreo.

En tabla 15 se observa que los reportes de color en tres puntos de monitoreo, durante los seis meses, fueron menores al límite de cuantificación de método, lo que significa que la concentración del analítico fue menor a 4 Unidades de Color Verdadero (UCV). Por consiguiente de acuerdo a los resultados obtenidos, el parámetro de color indica que el agua de consumo humano del Anexo La Asunción tiene una relación directa con la turbidez y sólidos disueltos totales, ya que tiene valores muy por debajo de los límites máximos permisibles (15 UCV) emitidos por el Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA.

Por el contrario, los valores relativamente bajos, indican que esta característica del agua es independiente a la turbidez de la misma (Barrenechea, 2005); además, el agua en estos puntos de monitoreo, no se encuentran en contacto directo con desechos orgánicos en descomposición (Vence et al., 2009).

4.5 pH del agua en los tres puntos de muestreo.

Tabla 10. Estadísticos descriptivos de pH del agua.

Punto de muestreo	N° Datos	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
C. El Tinguillo	6	6.95	7.82	7.14	0.34
C. El Tambo	6	7.05	7.84	7.21	0.31
Reservorio	6	7.04	7.90	7.23	0.33

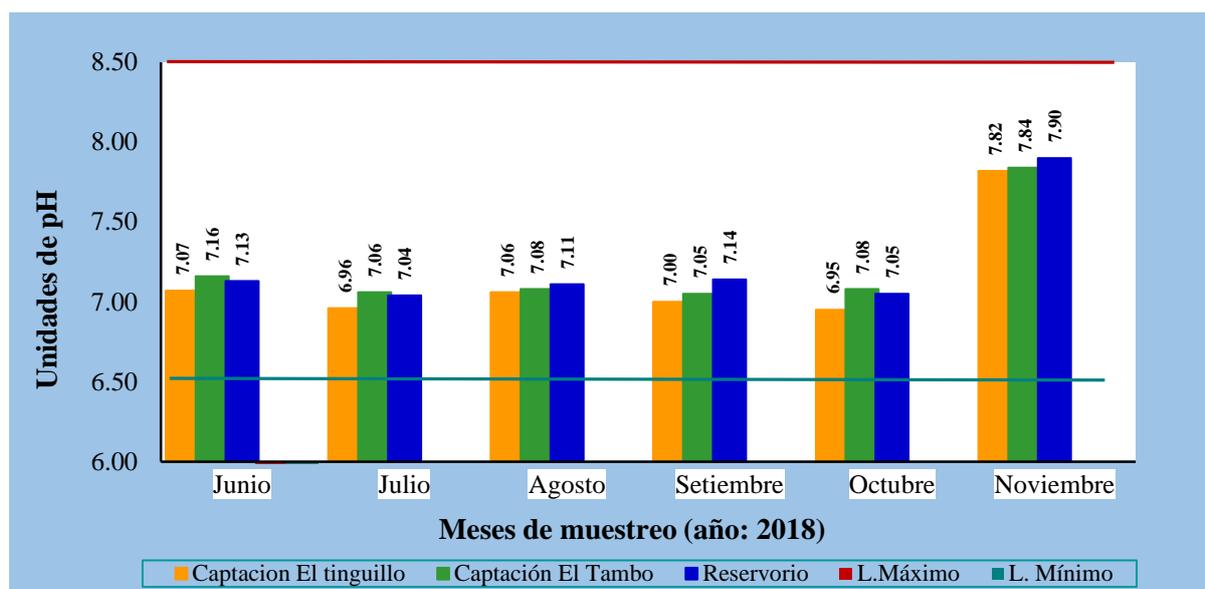


Figura 6. pH del agua en los tres puntos de muestreo.

En la figura 6 se observa que los valores de pH registrados en los tres puntos de monitoreo se aproximan a neutro (de junio a octubre); mientras que, los máximos valores de pH (7.82 a 7.90) se registraron en el mes noviembre, lo que se interpreta como que los silicatos suelen incrementar el pH de las aguas naturales, debiendo su presencia esencialmente a la meteorización de feldspatos, los cuales son arrastrados y filtrados al agua subterránea, producto de las fuertes precipitaciones registradas en ese periodo (Huízar et al., 2015). Por otro lado, la presencia de ácidos orgánicos en el suelo, los cuales son filtrados por las precipitaciones, contribuyeron a que los iones de carbonato y bicarbonato aumenten la alcalinidad del agua, siendo determinante para neutralizar los ácidos (Glynn y Heinke, 2000).

Los valores de pH reportados se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (6.5 a 8.5) establecidos en el reglamento de la calidad del agua para consumo humano D.S 031-2010-SA.

En suma, el pH es un factor muy importante, porque determinados procesos químicos solamente pueden tener lugar a un determinado pH; por ejemplo, el proceso de cloración tiene lugar cuando los valores se hallan entre 6,5 y 8.0 unidades de pH. La concentración de ión hidrogeno es un parámetro de calidad en todas las fases del tratamiento del agua para suministro (APHA, 2005).

4.6 Cloruros del agua en los tres puntos de monitoreo.

Tabla 11. Estadísticos descriptivos de cloruros del agua.

Punto de muestreo	Nº Datos	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
C. El Tinguillo	6	1.95	3.10	2.54	0.47
C. El Tambo	6	5.08	7.15	6.32	0.70
Reservorio	6	3.31	6.23	4.66	0.98

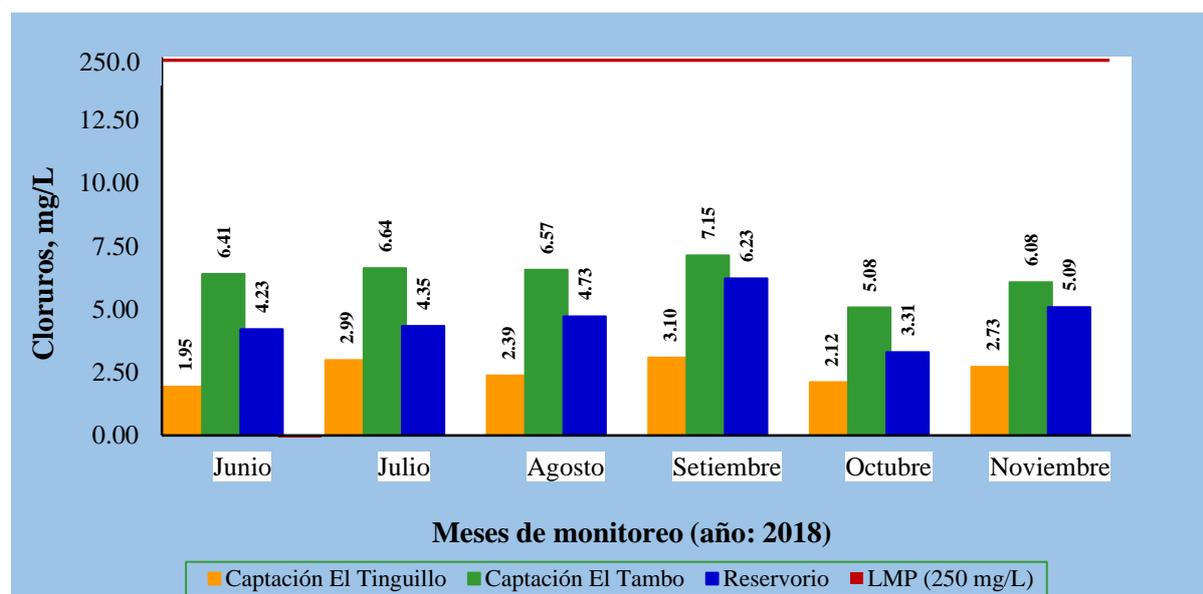


Figura 7. Cloruros en el agua en los tres puntos de muestreo.

En la tabla 11 se observa que los valores de cloruros en la captación El Tinguillo han variado de 1.95 a 3.10 mg/L; sin embargo, en la captación El Tambo los valores varió de 5.08 a 7.15

mg/L y en el reservorio la concentración de cloruros osciló de 3.31 a 6.23 mg/L. El promedio máximo de cloruros se registra en la captación El Tambo (6.32 mg/L). Así mismo, en la figura 7 se observa que los valores cloruros registrados en los tres puntos de monitoreo fueron bajos y se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (250 mg/L) establecidos en el reglamento de la calidad del agua para consumo humano D.S 031- 2010-SA.

En consecuencia, la concentración de cloruro en agua natural es muy variable pues depende de las características de los materiales por donde circula; tal es así que, los resultados reportados en el agua de la captación El Tambo se duplicaron y triplicaron en relación a la concentración de cloruros en el agua de la captación El Tinguillo; lo que se interpreta, que el agua de la captación del manantial El Tambo es influenciada por escurrimiento y filtraciones de agua superficial contaminada, por encontrarse en una zona más baja y a 12 metros de distancia respecto a la otra.

Una fuente de cloruros es la descarga de aguas residuales domésticas a aguas superficiales (APHA, 2005); de modo que de existir un incremento de cloruro en el agua ocasionaría el aumento de la corrosividad del agua, de esta manera el alto contenido de cloruros impide que el agua sea utilizada para el consumo humano o el ganado (Sawyer et al., 2000).

La presencia de cloro residual en el agua provoca, con frecuencia, un fuerte rechazo de la misma por parte del consumidor. Pero, es fundamental mantener en las redes de distribución pequeñas concentraciones de cloro libre residual, para asegurar que el agua ha sido convenientemente desinfectada. El umbral de detección de sabor es de 0.5 ppm. El cloro presente en el agua no representa ningún peligro para el consumidor (Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010 SA).

4.7 Fluoruros del agua en los tres puntos de monitoreo.

Tabla 12. Estadísticos descriptivos de fluoruros del agua.

Punto de muestreo	N° Datos	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
C. El Tinguillo	6	0.090	0.206	0.122	0.05
C. El Tambo	6	0.119	0.216	0.150	0.04
Reservorio	6	0.115	0.173	0.132	0.02

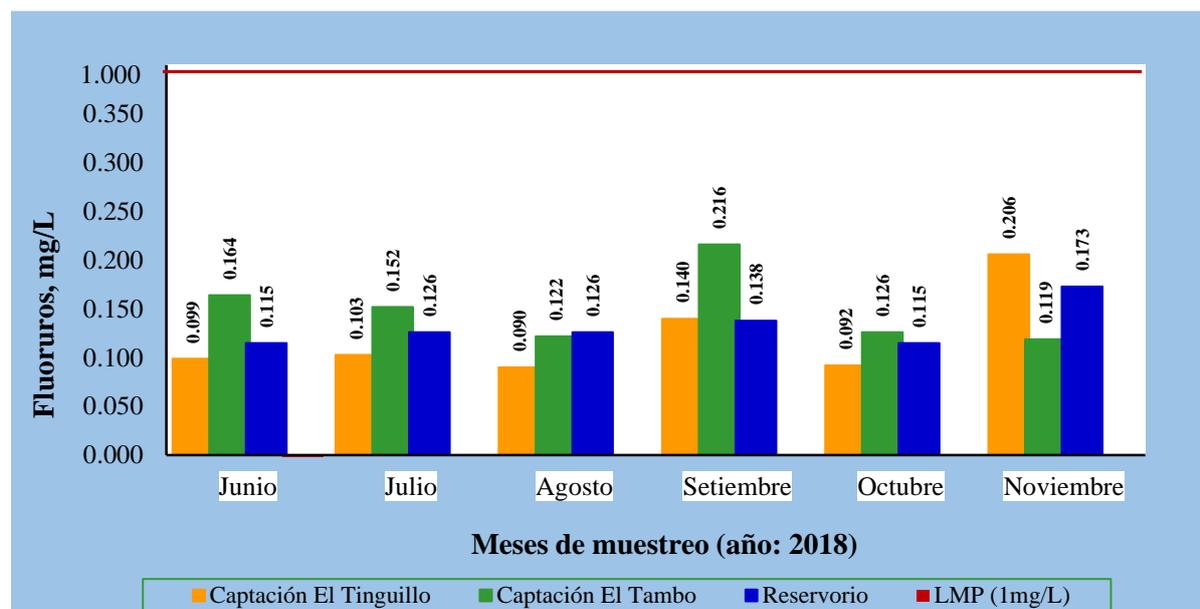


Figura 8. Fluoruros del agua en los tres puntos de muestreo.

En la tabla 12 se observa que los valores registrados en la captación El Tinguillo, El Tambo y reservorio fueron bajos, existiendo mínimas variaciones en las concentraciones; así lo demuestran los valores promedios, en cada punto de muestreo. De modo semejante, en la figura 8 se observa que los valores de fluoruros registrados en los tres puntos de monitoreo se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (1.0 mg/L) establecidos en el reglamento de la calidad del agua para consumo humano D.S 031- 2010-SA.

Se conoce que, concentraciones de flúor sobre el promedio de 0.79 mg/L, causan problemas de fluorosis dental a la población (Huizar et al., 2016). El flúor es un elemento esencial para la nutrición del hombre; su presencia en el agua de consumo a concentraciones adecuadas combate la formación de caries dental, principalmente en los niños. Sin embargo, las altas

concentraciones de fluoruros en el agua, genera manchas en los dientes y daña la estructura ósea (Canepa, 2004).

4.8 Nitratos del agua en los tres puntos de monitoreo.

Tabla 13. Estadísticos descriptivos de nitratos del agua.

Punto de muestreo	Nº Datos	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
C. El Tinguillo	6	0.99	8.12	3.26	2.56
C. El Tambo	6	8.32	11.75	10.28	1.17
Reservorio	6	4.66	9.89	6.60	1.79

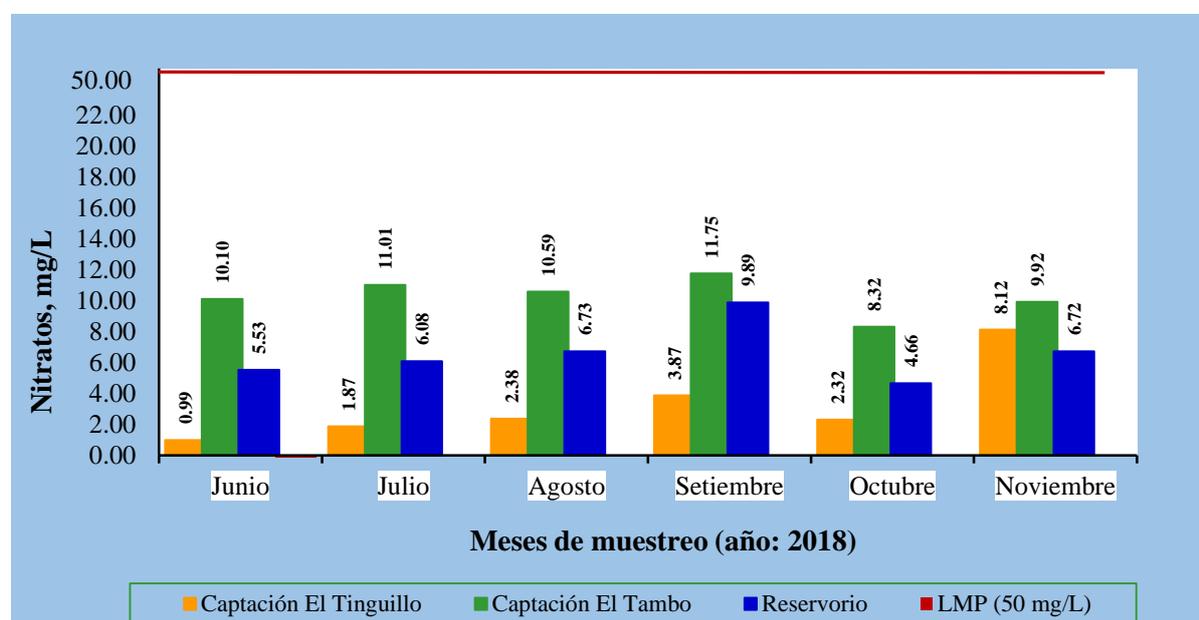


Figura 9. Nitratos del agua en los tres puntos de muestreo.

En la tabla 13 se observa que los valores de nitratos en la captación El Tinguillo han variado de 0.99 a 8.12 mg/L; sin embargo, en la captación El Tambo los valores oscilaron de 8.32 a 11.75 mg/L y en el reservorio la concentración de nitratos varió de 4.66 a 9.89 mg/L. El máximo valor promedio de nitratos se registró en la captación El Tambo (10.28 mg/L). Así mismo, en la figura 9 se observa que los valores de nitratos registrados en los tres puntos de monitoreo se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (50.0 mg/L) establecidos por el reglamento de la calidad del agua para consumo humano D.S 031- 2010-SA.

El agua de la captación El Tambo es la que tuvo mayor concentración de nitratos (10.28 mg/L en promedio), debido a que se encuentra ubicado en zona de baja altitud respecto a la captación El Tinguillo; lo que se interpreta que el escurrimiento y la infiltración del agua superficial contaminada utilizada para regadío y luego las lluvias podría haber influido; de tal manera que los nitratos producidos en exceso son transportados por el agua, luego estas se filtran a través del suelo, debido a que el suelo no tiene la capacidad de retenerlos pudiendo encontrarse en concentraciones superiores en aguas subterráneas (Muñoz et al., 2004).

Los nitratos contenidos en agua subterráneas se explica por diversos factores; entre ellos destacan las operaciones de granjas y establos con la aplicación de excretas de animales en áreas cultivables, la aplicación de fertilizantes nitrogenados y plaguicidas en la agricultura de riego y temporal y la presencia de tanques sépticos (Filintas, 2015).

Existen otros factores que afectan la concentración de nitrato en los acuíferos, como son: el uso y el tipo de suelo, que favorece o resiste la filtración del agua de lluvia que arrastra al ión nitrato, la variabilidad meteorológica, la profundidad de los pozos y la frecuencia de fertilización, lo que origina cambios en la filtración del nitrato hacia los depósitos de agua (Muñoz et al., 2004)

La toxicidad por el consumo de agua contaminada con nitrato es sobre todo severa en infantes que presentan una coloración azulosa en la piel como consecuencia de la anoxia celular producida por la fijación del nitrito en la hemoglobina, haciéndola incapaz de transportar/transferir oxígeno en la sangre (Manassaram et al., 2006). Así, en niños menores de seis meses que consuman agua con concentraciones elevadas de nitratos y nitritos, podrían enfermar gravemente de metahemoglobinemia infantil (Sawyer et al., 2010).

Por otro lado, en mujeres embarazadas, el consumo de agua contaminada con nitrato provoca abortos espontáneos y defectos de nacimiento en el sistema nervioso central (Manassaram et al., 2006).

4.9 Nitritos del agua en los tres puntos de monitoreo.

En la tabla 15 se observa que los reportes de nitritos en el agua de la captación El Tinguillo, captación El Tambo y reservorio, durante los seis meses, fueron <LCM, lo que significa que la concentración del analítico es menor a 0.050 mg/L. Por consiguiente la concentración de nitritos no exceden los límites máximos permisibles (3 mgNO₂/L exposición corta y 0.2 mgNO₂/L en exposición larga) emitidos por el Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA.

Por lo contrario, las altas concentraciones de nitritos en el agua indican posible contaminación por sustancias orgánicas como tejidos de animales o vegetales y desechos (Tebbutt, 2011). De tal manera que, el nitrito al reaccionar con el grupo amino (NH₂) de las proteínas induce la formación de compuestos químicos con potencial carcinogénico llamados nitrosaminas, que pueden ser causa de cáncer (Filintas, 2015).

4.10 Sulfatos del agua en los tres puntos de monitoreo.

Tabla 14. Estadísticos descriptivos de sulfatos en el agua.

Punto de muestreo	N° Datos	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
C. El Tinguillo	6	1.33	100.30	19.97	39.62
C. El Tambo	6	1.41	18.15	4.50	6.69
Reservorio	6	1.42	8.08	3.05	2.57

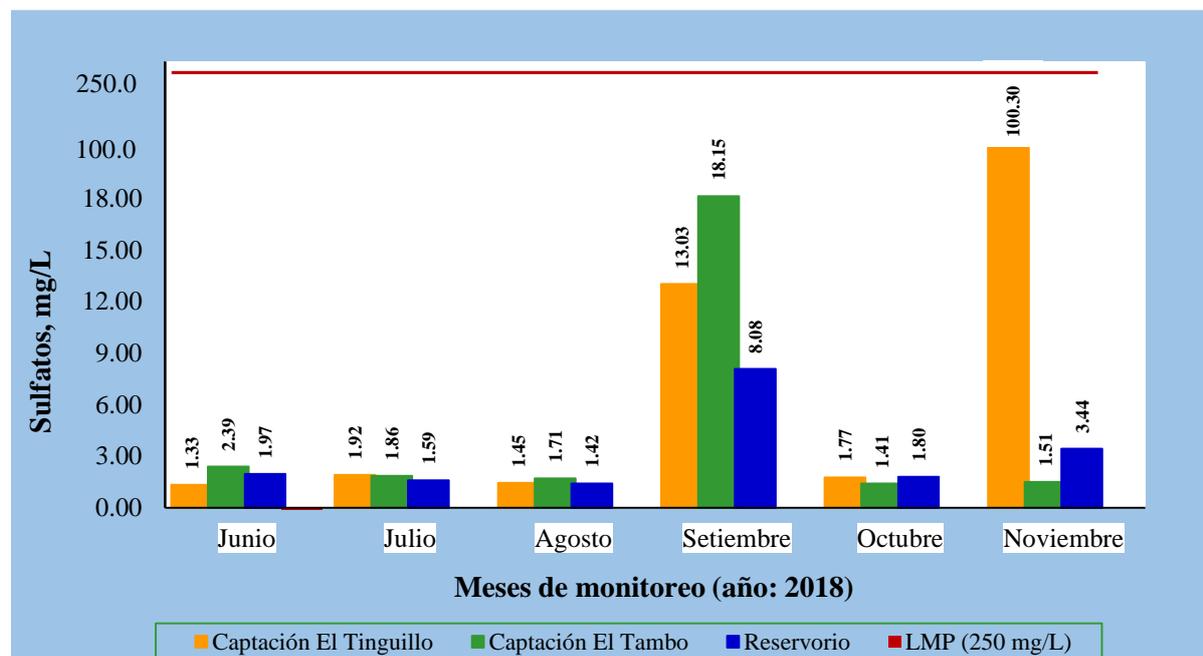


Figura 10. Sulfatos del agua en los tres puntos de monitoreo.

En la figura 10 se observa que los valores de sulfatos registrados en los tres puntos de monitoreo se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (250.0 mg/L) establecidos por el reglamento de la calidad del agua para consumo humano D.S 031- 2010-SA.

Los máximos valores obtenidos en setiembre y noviembre, pudo deberse fundamentalmente a las fuertes precipitaciones registradas en esos meses, permitiendo que el agua subterránea se mueva con mayor fluidez a través de las formaciones rocosas que contienen minerales de sulfato provocando que se disuelvan en el agua; ya que, el sulfato se distribuye ampliamente en la naturaleza y puede presentarse en aguas naturales en concentraciones que van desde unos pocos a varios miles de mg/L (Severiche y González, 2012).

De tal manera que, las aguas con importante contenido en sulfatos, insolubilizan los metales pesados allí presentes y minimizan su toxicidad; además los sulfatos en el agua de bebida provocan sabores amargos (APHA, 2005).

4.11 Fosfatos del agua en los tres puntos de monitoreo.

En la tabla 15 se observa que los reportes de fosfatos en el agua de la captación El Tinguillo, captación El Tambo y reservorio, fueron menores al límite de cuantificación de métodos, lo que significa que la concentración del analítico es menor a 0.032 mg/L. Sin embargo en el monitoreo realizado en el mes de julio, el agua de la captación El Tambo registró 0.104 mg/L de fosfatos. Este valor posiblemente es por contaminación orgánica; ya que la principal fuente contaminante de fósforo es por el uso de los detergentes y productos de limpieza polifosfatados, que finalmente llegaron a la planta de tratamiento de aguas residuales y luego fueron filtradas a los terrenos próximos a la captación El Tambo; ya que esta fue utilizada para regar sus cultivos en ese periodo. No suele haber en el agua más de 1.0 mg/L, salvo en los casos de contaminación por fertilizantes fosfatados (APHA, 2005).

Tabla 15. Resultados de los análisis físicos y químicos del agua en la captación El Tinguillo, El Tambo y reservorio.

N°	Parámetros	Unidades	Captación de manantial El Tinguillo							Captación de manantial El Tambo							Reservorio						
			22-jun-18	20-jul-18	24-ago-18	21-sep-18	23-oct-18	23-nov-18	Promedios	22-jun-18	20-jul-18	24-ago-18	21-sep-18	23-oct-18	23-nov-18	Promedios	22-jun-18	20-jul-18	24-ago-18	21-sep-18	23-oct-18	23-nov-18	Promedios
1	Temperatura	°C	13.20	13.50	13.70	13.40	13.50	14.30	13.60	13.30	13.60	13.90	13.70	14.10	14.40	13.83	13.10	13.30	13.50	13.20	13.80	14.10	13.50
2	Turbidez	UNT	0.17	0.25	<LCM	<LCM	<LCM	0.25	0.22	0.11	<LCM	0.32	0.13	0.15	1.11	0.36	0.00	0.29	0.29	<LCM	0.17	0.29	0.21
3	STD	mg/L	351.0	312.0	319.5	330.0	325.0	311.0	324.75	359.0	339.0	336.5	340.0	302.0	332.0	334.75	366.0	334.5	326.0	369.0	310.0	296.0	333.58
4	Color	UCV	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
5	pH	mg/L	7.07	6.96	7.06	7.00	6.95	7.82	7.14	7.16	7.06	7.08	7.05	7.08	7.84	7.21	7.13	7.04	7.11	7.14	7.05	7.90	7.23
6	Cloruros	mg/L	1.95	2.99	2.39	3.10	2.12	2.73	2.54	6.41	6.64	6.57	7.15	5.08	6.08	6.32	4.23	4.35	4.73	6.23	3.31	5.09	4.66
7	Fluoruros	mg/L	0.099	0.103	0.090	0.14	0.092	0.206	0.12	0.164	0.152	0.122	0.216	0.126	0.119	0.15	0.115	0.126	0.126	0.138	0.115	0.173	0.13
8	Fosfatos	mg/L	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.104	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
9	Nitratos	mg/L	0.99	1.87	2.38	3.87	2.32	8.12	3.26	10.10	11.01	10.59	11.75	8.32	9.92	10.28	5.53	6.08	6.73	9.89	4.66	6.72	6.60
10	Nitritos	mg/L	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
11	Sulfatos	mg/L	1.331	1.920	1.446	13.03	1.769	100.3	19.97	2.388	1.861	1.706	18.15	1.405	1.508	4.50	1.965	1.586	1.415	8.078	1.801	3.437	3.05

4.12 Coliformes totales del agua en los tres puntos de monitoreo.

Tabla 16. Estadísticos descriptivos del NMP/100mL de coliformes totales.

Punto de muestreo	N° Datos	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
C. El Tinguillo	6	1.0	5400	993.5	2169.32
C. El Tambo	6	4.5	350	95.4	139.79
Reservorio	6	1.0	1600	361	643.45

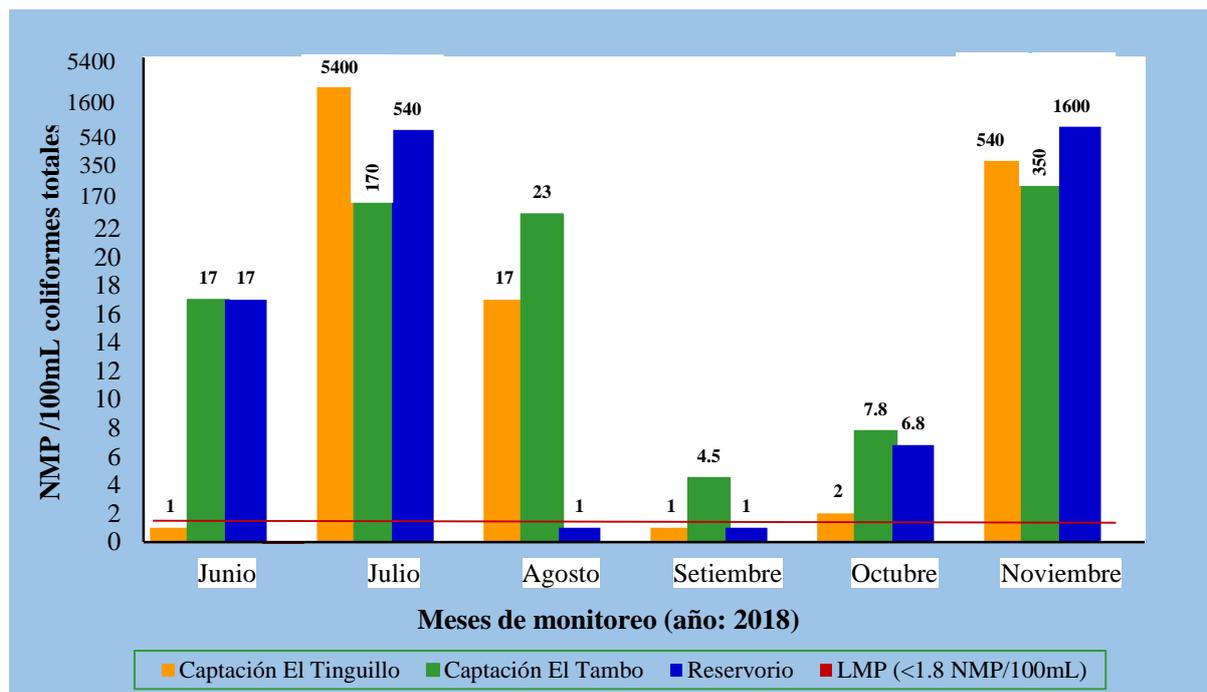


Figura 11. NMP/100mL de coliformes totales en los tres puntos de muestreo.

En la figura 11 se observa que en la captación El Tinguillo el 66.7 % de muestras de agua no cumplen con los límites máximos permisibles de la normativa peruana; oscilando la concentración bacteriana de 2 a 5 400 NMP/100mL de coliformes totales; mientras que en la captación El Tambo el 100% de muestras no cumplen con la normativa, variando la concentración bacteriana de 4.5 a 350 NMP/100mL de coliformes totales y en el reservorio el 66.7% de muestras también sobrepasan los LMP, oscilando la carga bacteriana de 6.8 a 1600 NMP/100mL de coliformes totales.

La sobrecarga de coliformes totales registrada en el mes de julio, posiblemente es debido a filtraciones de agua con heces y/o materia fecal, ya que los propietarios de los predios cercanos

a las captaciones de agua, utilizaron las aguas servidas de la planta de tratamiento, como fuente de regadío para sus cultivos. Así mismo las elevadas cargas bacterianas reportadas en el mes de noviembre se deben a las fuertes precipitaciones que se registraron días antes de obtener las muestras, indicando que hubo arrastre o filtraciones de contaminantes hacia las captaciones de agua, por encontrarse en la parte baja.

De tal manera que, las fluctuaciones en la concentración de coliformes totales, es debido a su ubicación y a las condiciones ambientales presentes en el momento del muestreo; así la contaminación de los acuíferos es más severa en el periodo lluvioso debido al transporte y lixiviación de desechos fecales acumulados en el periodo seco provenientes de la población humana (Burgos et al., 2017).

Estos datos indican que el agua de las captaciones antes mencionadas son influenciadas por la planta de tratamiento de aguas servidas del centro urbano Venecia; siendo la más afectada la captación El Tambo; por lo tanto, las actividades humanas y el crecimiento urbano son los principales factores para la contaminación de los acuíferos; de esta forma, el agua puede contener contaminantes químicos o biológicos que causan diversas enfermedades (Ramírez et al., 2010).

En consecuencia, las elevadas concentraciones de bacterias coliformes totales y fecales, evidencian la clara influencia antrópica sobre el medio natural (Formica et al., 2015); estas formas de contaminación orgánica y biológica más comunes son las fosas sépticas, pozos negros, fugas de sistemas de alcantarillado, vertido indiscriminado de aguas de letrinas (Aurazo, 2004); de tal manera que, su presencia no solo puede influir en la calidad del agua, sino también que constituye un riesgo para la salud de la población rural que se abastece de esta (Ontiveros, 2009).

Los datos reportados en el presente estudio tiene cierta similitud con las aguas de consumo humano del centro poblado Menor La Libertad, distrito de San Rafael, provincia de Bellavista,

región San Martín por encontrarse con 8126.7 NMP/100mL de coliformes totales; debido a la influencia antrópica (Chong, 2010); así mismo, en la Evaluación fisicoquímica y bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca; donde se encontró 9 NMP/100mL (zona San Martín) y 29.75 NMP/100mL (zona Ajoscancha) de coliformes totales, en promedio (Flores, 2016).

Por consiguiente de acuerdo a los resultados de análisis de coliformes totales indican que el agua que consume la población del Anexo La Asunción no es apta para consumo humano, por ser superiores a los límites máximo permisibles (< 1.8 NMP/100mL) emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

4.13 Coliformes termotolerantes del agua en los tres puntos de muestreo.

Tabla 17. Estadísticos descriptivos del NMP/100mL de coliformes termotolerantes.

Punto de muestreo	N° Datos	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
C. El Tinguillo	6	1.0	170	37.3	67.74
C. El Tambo	6	1.0	23	8.6	8.31
Reservorio	6	1.0	31	7.0	12.0

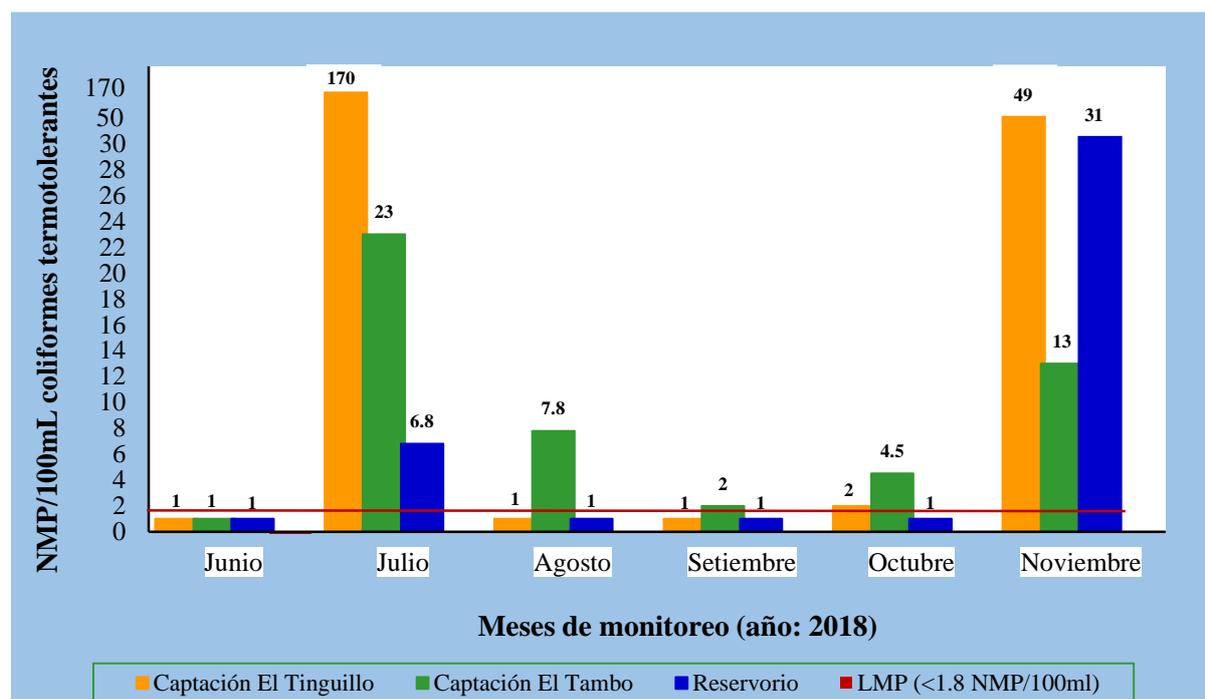


Figura 12. NMP/100mL de coliformes termotolerantes en los tres puntos de muestreo.

En la figura 12 se observa que de los seis monitoreos realizados en la captación El Tinguillo el 50% de muestras de agua no cumplen con los límites máximos permisibles de la normativa peruana, encontrándose presentes en ellas, cantidades de 2.00 a 170 NMP/100mL de coliformes termotolerantes o fecales; mientras que en la captación El Tambo es el 83.3%, variando la carga bacteriana de 2.00 a 23 NMP/100mL y en el reservorio es el 33.3%, oscilando la concentración bacteriana de 6.8 a 31 NMP/100mL de coliformes termotolerantes.

En efecto, las fluctuaciones en la concentración de coliformes termotolerantes, indican que las bacterias del tracto intestinal no suelen sobrevivir en el medio acuático, están sometidas a un estrés fisiológico y pierden gradualmente la capacidad de producir colonias en medios

diferenciales y selectivos. Su velocidad de mortalidad depende de la temperatura del agua, efectos de la luz solar, las poblaciones de otras bacterias y la composición química (Fernández et al., 2011).

Las formas de contaminación orgánica y biológica más comunes del agua son las fosas sépticas, pozos negros, fugas de sistemas de alcantarillado, vertido indiscriminado de aguas de letrinas, a la cual se suma la contaminación con detergentes en sus diferentes presentaciones (Aurazo, 2004); así la contaminación de los acuíferos es más severa en el periodo lluvioso debido al transporte y lixiviación de desechos fecales acumulados en el periodo seco provenientes del ganado, fauna silvestre y población humana (Burgos et al., 2017); en época de estiaje, la fuente importante de contaminación es el vertimiento de aguas residuales sin tratar, para ser usadas en la irrigación de cultivos (Ramírez et al., 2010). Entonces, la contaminación fecal ha sido y sigue siendo el principal riesgo sanitario en el agua, ya que pueden provocar enfermedades en la salud humana (Aurazo, 2004).

Por consiguiente, los resultados de análisis de coliformes fecales indican que el agua que consume la población del Anexo La Asunción no es apta para consumo humano, por ser superiores a los límites máximo permisibles ($< 1.8 \text{ NMP}/100\text{mL}$) emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA; estos datos demuestran la clara influencia de la planta de tratamiento de aguas servidas del centro urbano Venecia, sobre el agua de las dos captaciones antes mencionadas; siendo la más afectada el agua de la captación El Tambo.

En tal sentido, se debe poner énfasis en el tratamiento primario de estas aguas mediante cloro residual, haciendo un monitoreo constante de su calidad, ya que éste es un agente químico muy eficaz para eliminar bacterias termotolerantes, principales causantes de las enfermedades. Además, es pertinente advertir a los pobladores, que el agua, antes de ser consumida, debe ser hervida (Chong, 2010).

Tabla 18. Resultados de los análisis bacteriológicos del agua en la captación El Tinguillo, El Tambo y reservorio.

Parámetros	Unidades	Captación de manantial El Tinguillo							Captación de manantial El Tambo							Reservorio						
		22-jun-18	20-jul-18	24-ago-18	21-sep-18	23-oct-18	23-nov-18	Promedios	22-jun-18	20-jul-18	24-ago-18	21-sep-18	23-oct-18	23-nov-18	Promedios	22-jun-18	20-jul-18	24-ago-18	21-sep-18	23-oct-18	23-nov-18	Promedios
C. totales	NMP/100mL	<1.8	54x10 ²	17	<1.8	2	540	993.50	17	170	23	4.5	7.8	350	95.38	17	540	<1.8	<1.8	6.8	16x10 ²	360.97
C. termotolerantes	NMP/100mL	<1.8	170	<1.8	<1.8	2	49	37.33	<1.8	23	7.8	2.0	4.5	13	8.55	<1.8	6.8	<1.8	<1.8	<1.8	31	6.97

4.14 Correlación entre temperatura y coliformes totales.

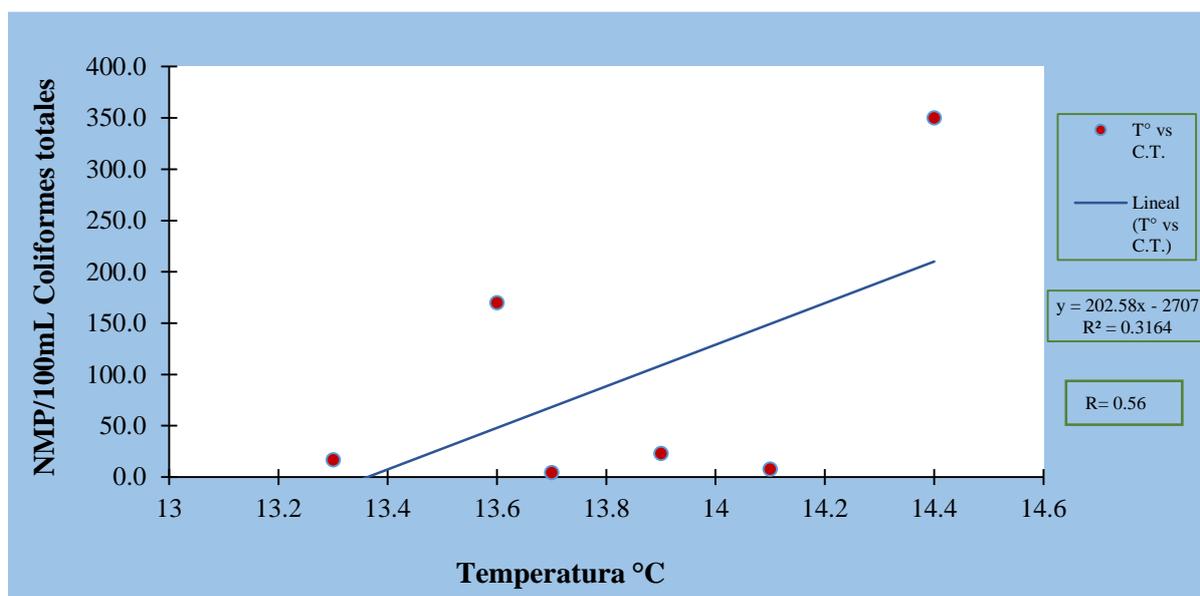


Figura 13. Correlación entre Temperatura (°C) y coliformes totales en la captación El Tambo.

En la figura 13 se observa que existe una correlación directa regular, entre moderada y fuerte; lo que indica que mientras más altos son los valores de la temperatura, más altos son los valores del NMP/100mL de coliformes totales del agua en la captación El Tambo. De modo similar es la correlación en el reservorio. Sin embargo, en la captación El Tinguillo la correlación es inversa, mala, escasa o nula (tabla 19).

Respecto a la correlación entre la temperatura y coliformes termotolerantes, podemos decir que en la captación El Tinguillo y El Tambo existe una correlación mala, escasa o nula y en el reservorio la correlación es regular, entre moderada y fuerte (tabla 19).

De una u otra manera la concentración de coliformes se ven influencias por las bajas temperaturas del agua registradas en la zona de estudio; en cambio, si la temperatura del agua fuera alta, existiría una proliferación de microorganismos, que ocasionarían problemas tanto en el sabor, olor, color y corrosión (Severiche y Gonzales, 2012).

4.15 Correlación entre pH y coliformes totales

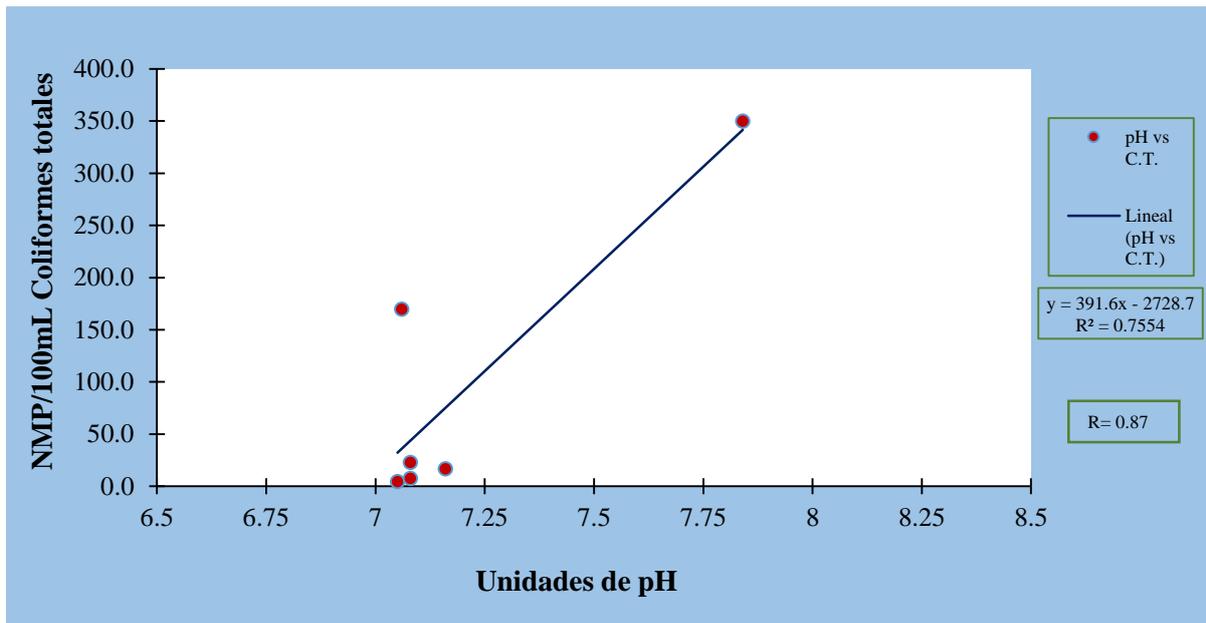


Figura 14. Correlación entre pH y coliformes totales en captación El Tambo.

En la figura 14 se observa que existe una correlación directa buena, entre fuerte y perfecta; lo que indica que mientras más altos son los valores de pH, más altos son los valores del NMP/100mL de coliformes totales del agua en la captación El Tambo. De modo semejante, la correlación en el reservorio es excelente. Sin embargo, en la captación El Tinguillo la correlación es inversa y mala, escasa o nula (tabla 19).

Respecto a la correlación entre pH y coliformes termotolerantes, podemos decir que en la captación El Tinguillo y El Tambo existe una mala y nula correlación y en el reservorio la correlación es excelente, entre fuerte a perfecta (tabla 19); por ello se proponen valores guía de pH de 6.5 a 8.5 basados en criterios ambientales. En tal sentido valores muy debajo o por encima del rango establecido pueden indicar contaminación reciente con aguas residuales; además, el CO₂ producido por las bacterias tiende a neutralizar el pH (Zubizarreta, 2010).

4.16 Correlación entre turbidez y coliformes totales.

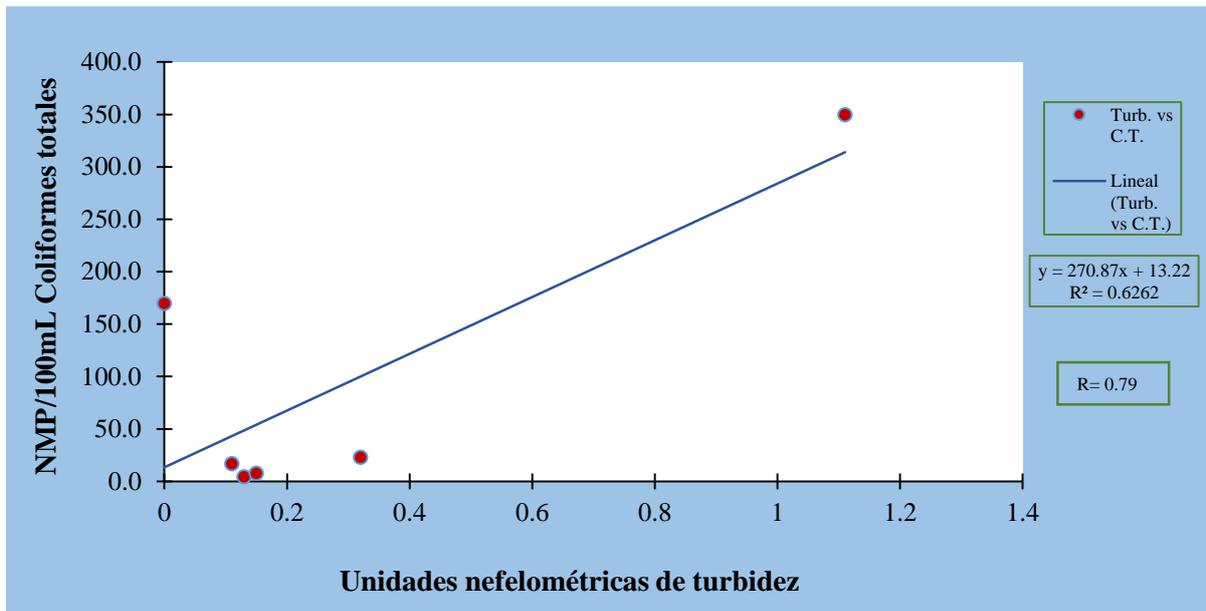


Figura 15. Correlación entre la turbidez y coliformes totales en la captación El Tambo.

En la figura 15 se observa que existe una correlación directa regular, entre fuerte y perfecta; lo que indica que mientras más altos son los valores de la turbidez, más altos son los valores del NMP/100mL de coliformes totales del agua en la captación El Tambo. Sin embargo, en la captación El Tinguillo y en el reservorio, la correlación es regular, entre moderada y fuerte.

Respecto a la correlación entre la turbidez y coliformes termotolerantes, podemos decir que en la captación El Tinguillo, El Tambo y el reservorio, existe una correlación directa regular, entre moderada y fuerte; mala, escasa o nula; mala y débil, respectivamente (tabla 19).

De modo que, la turbiedad es un parámetro de importancia sanitaria dado que cuanto menor es la turbiedad de un agua, menor es la concentración de microorganismos, bacterias, protozoos, entre otros; presentes en la misma; además, las partículas que provocan la turbiedad pueden causar disminución en la eficacia del proceso de desinfección, ya que los microorganismos se pueden ocluir en la superficie de aquellas (Zubizarreta, 2010).

Tabla 19. Correlación de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos evaluados en la captación El Tinguillo, El Tambo y reservorio.

Puntos de muestreo	Coeficiente de correlación																
	pH vs T°	pH vs Turb.	pH vs STD	pH vs Nitratos	T° vs Turb.	T° vs SDT	T° vs Nitratos	Turb. Vs SDT	Turb. Vs Nitratos	pH vs C.T.	pH vs C.F.	T° vs C.T.	T° vs C.F.	Turb. vs C.T.	Turb. vs C.F.	Nitratos vs C.T.	Nitratos vs C.F.
Captación El Tinguillo	0.88 (+)	0.53 (+)	0.37 (-)	0.90 (+)	0.34 (+)	0.73 (-)	0.89 (+)	0.23 (-)	0.30 (+)	0.17 (-)	0.01 (+)	0.04 (-)	0.13 (+)	0.60 (+)	0.70 (+)	0.18 (-)	(0)
Captación El Tambo	0.66 (+)	0.96 (+)	0.01 (-)	0.19 (-)	0.78 (+)	0.69 (-)	0.43 (-)	0.11 (-)	0.18 (-)	0.87 (+)	0.21 (+)	0.56 (+)	0.18 (+)	0.79 (+)	0.14 (+)	0.01 (-)	0.17 (+)
Reservorio	0.71 (+)	0.32 (+)	0.55 (-)	0.11 (+)	0.61 (+)	0.94 (-)	0.28 (-)	0.81 (-)	0.32 (-)	0.91 (+)	0.96 (+)	0.68 (+)	0.73 (+)	0.54 (+)	0.49 (+)	0.02 (-)	(0)

(+)= Correlación Positiva

(-)= Correlación negativa

(0)= Correlación neutra

PE_I=0.05

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- 5.1 Los parámetros físicoquímicos del agua de consumo humano del Anexo La Asunción (José Sabogal-San Marcos-Cajamarca), no exceden los límites máximos permisibles considerados en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.
- 5.2 Los coliformes totales y coliformes termotolerantes del agua de consumo humano del Anexo La Asunción (José Sabogal-San Marcos-Cajamarca), exceden los límites máximos permisibles considerados en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. Por lo tanto, la calidad del agua del mencionado anexo, no es apta para consumo humano.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Public Health Association - AWW, WPCF. (2000 y 2005). Métodos normalizados para el análisis fisicoquímico y bacteriológico de aguas. 21 ediciones. Madrid – España.
- Angulo, C. (2009). Derecho humano al agua potable. *En Global*. Recuperado de <http://www.gloobal.net/iepala/gloobal/fichas/ficha.php?id=8808&entidad=Textos&html=1>
- Arcos, M., Ávila, S., Estupiñan, S. M. y Gómez, A. C. (2005) Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *Revista Nova: Publicación Científica de Ciencias Biomédicas*, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 3(4), p. 69-79. Recuperado de <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/nova/article/view/338>
- Aurazo, M. (2004). Manual para análisis básicos de calidad del agua. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del ambiente. Lima - Perú. OPS/OMS/CEPIS/PUB.
- Autoridad Nacional del Agua (2010). Reglamento de la ley de recursos hídricos, N° 29338. Recuperado de www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/ley_29338_0.pdf
- Barrenechea, A. (2005). Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. Lima, PE. UNALM. 56p
- Borja, M. (2011). *Diseño de una Planta de Tratamiento para aguas residuales de la ciudad de Guaranda* (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1626/1/236T0043.pdf>
- Burgos, A., Alvarado, M., Páez, R. y Hernández, R. (2017). Patrones espacio temporales de la condición microbiológica del agua de fuentes comunitarias y amenazas a la salud

- familiar en cuencas estacionales del Bajo Balsas (México). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(2), 199-213. Recuperado de <<https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2017.33.02.02/46655>>
- Canepa, L. (2004). Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de infiltración rápida. Manual: teoría. Tomo I. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. CEPIS/OPS.
- Casilla, S. (2014). *Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del río Suchez* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- Castillo, E.R., Méndez, R. I., Bolio, A., Osorio, J. y Pat, R. (2012). Remoción de materia orgánica en aguas residuales de rastro por el proceso de Contactor Biológico Rotacional. *Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY*, 16(2), 83-91. Recuperado de <http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen16/remocion.pdf>
- Chong, A. (2010). *Evaluación de la calidad del agua subterránea en el Centro Poblado Menor La Libertad, distrito de San Rafael, Provincia De Bellavista, Región San Martín – Perú* (tesis de maestría). Universidad Nacional de San Martín.
- 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* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna- Perú.
- Decreto Supremo N° 031-2010-SA – Aprueban Reglamento de la calidad del agua para consumo humano, publicada el 24 de setiembre de 2010. Recuperado de http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf

- Fernández, A. y Mortier, C. (2012). *Evaluación de la condición del agua para consumo humano en Latinoamérica*. Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua, Universidad de Buenos Aires. 32 p.
- Fernández, M. C., Álvarez, A. y Espigares, M. (2011). Transmisión fecohídrica y virus de la hepatitis A. *Revista Higiene y Sanidad Ambiental, Universidad de Granada*, (1), 8-24.
Recuperado de [http://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510150f6e3b7c_Hig.Sanid.Ambient.1.8-18\(2001\).pdf](http://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510150f6e3b7c_Hig.Sanid.Ambient.1.8-18(2001).pdf)
- Filintas, T. A. (2015). *Sistemas de uso de la tierra con énfasis en maquinaria agrícola, riego y contaminación por nitratos, con el uso de sensores remotos satelitales, sistemas y modelos de información geográfica, a nivel de cuencas hidrográficas en Grecia Central* (Tesis de Maestría). Departamento de Estudios Ambientales, Facultad de Medio Ambiente, Universidad del Egeo, Mitilini, Grecia. 122 p
- Flores, J. C. (2016). *Evaluación fisicoquímica y bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano con y sin ebullición de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca* (tesis de maestría). Universidad Nacional de Cajamarca.
- Formica, S., Sacchi, G., Campodonico, V., Pasquini, A. y Cioccale, M. (2015). Modelado de calidad de agua en ríos de montaña con impacto antrópico: Sierra Chica de Córdoba, Argentina. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 31(4), 327-341.
Recuperado de <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/47314/46526>
- Foster, S., Hirata, R., Gomes, D., D'Elia, M. y Paris, M. (2003). Protección de la calidad del agua subterránea, guías para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales. Ed. Banco Mundial. Washington, D.C. 124 p.

- Frers, C. (2006). Problemas de las aguas contaminadas. En *Los problemas de las aguas contaminadas*. Cristian Frers – InterNatura. Recuperado de http://www.internatura.org/estudios/informes/agua_contaminada.html
- Galicia, L., Molina, N., Oropeza, A., Gaona, E. y Juárez, L. (2011). Análisis de la concentración de fluoruro en agua potable de la delegación Tláhuac, ciudad de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 27(4), 283-289. Universidad Nacional Autónoma de México Distrito Federal, México.
- Glynn, J. H. y Heinke G. W. (2000). Ingeniería Ambiental. Aguas subterráneas. México, D. F.: Editorial Prentice Hall. Recuperado de https://www.u-cursos.cl/usuario/037b375d320373e6531ad8e4ad86968c/mi_blog/r/ingenieria-ambiental_glynn.pdf
- Guerrero, T., Rives, C., Rodríguez, A., Saldívar, Y. y Cervantes, V. (2009). El agua en la ciudad de México. Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal – México. 23 p. Recuperado de <http://www.revistas.unam.mx/index.php/cns/article/view/14848>
- Guzmán, B. L., Nava, G. y Díaz, P. (2015). La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbilidad en Colombia, 2008-2012. *Revista Biomedica*, 35(2), 177-190. Recuperado de <https://www.revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/2511>
- Hua, J. (2007). *Procesos de transporte y venta en infiltración de aguas residuales de canales con fugas* (Tesis de doctorado). Facultad de Ingeniería Civil, Geo y Ciencias Ambientales. Universidad de Karlsruhe, Alemania.
- Huízar, R., Carrillo, J.J. y Juárez, F. (2015). Fluoruro en el agua subterránea, niveles, origen y control natural en la región de Tenextepango, Morelos, México. Investigaciones

- Geográficas, *Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, (90), 40-58. Recuperado de <<http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/47374>>
- Jara, D.R., Gonzáles, G.S., Rodrigo, E.M. y Ruiz, S.G. (2013). Concentración de fluoruro en agua potable, aguas termales y manantiales de 6 distritos de Santiago de Chuco, Perú. *Revista Ciencia y Tecnología, Escuela de Postgrado – UNT*, 9(2), 39-48. Recuperado de <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/269/270>
- Manassaram, M. D., Backer, L. C. y Moll, D. M. (2006). Una revisión de los nitratos en el agua potable: exposición materna y resultados reproductivos y de desarrollo adversos. *Perspectivas de la Salud Ambiental*, 114(3), 320-327. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1392223/>
- Martínez, R., Tuya, L., Pérez, A. y Cánova, A. (2009). El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman Caracterización. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*. La Habana – Cuba, 8(2), 1-20. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180414044017>
- Medina, A. E. (2018). *Calidad del agua en función de turbidez y coliformes en la planta de tratamiento La Quesera, Sucre, Celendín, 2016-2017* (tesis de doctorado). Universidad Nacional de Cajamarca.
- Ministerio del Ambiente (2010). Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, Art. 2; Planta de Tratamiento de aguas residuales domésticas o Municipales (PTAR). Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-003-2010-minam/>
- Ministerio de Salud (2011). Reglamento de la calidad del agua para consumo humano – DS N° 031 – 2010 – SA. Lima – Perú. En Ministerio del Ambiente. Recuperado de http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf

- Muñoz, H., Armienta, A., Vera, A., y Cenicerros, N. (2004). Nitrato en el agua subterránea del valle de Uamantla, Tlaxcala, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 20(3), 91-97. Recuperado de: <<https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/22858>>
- Ontiveros, M. (2009). Agentes patógenos transmitidos por el agua. Recuperado de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/Tesis/Basic/Marchand_P_E/anteced.htm
- Organización Mundial de la Salud (2006). Guías para la calidad del agua potable: Primer apéndice de la tercera edición. 3ra edición. Ginebra-Suiza. V. 1, 393 p.
- Ramírez, E., Robles, E., Sainz, M., Ayala, R. y Campoy, E. (2010). Calidad microbiológica del acuífero de Zacatepec, Morelos, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 25(4), 247-255. Recuperado de <<https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/21568>>
- Resolución Directoral N° 160-2015/DIGESA/SA - Aprueban Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano, publicada el 24 de setiembre de 2015. Recuperado de http://www.digesa.minsa.gob.pe/NormasLegales/Normas/RD_160_2015_DIGESA.pdf
- Robles, E., Ramírez, E., Durán, A., Martínez, M. y Gonzales, M. (2013). Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero Tepalcingo – Axochiapan, Morelos México. *Revista Avances en Ciencias e Ingeniería*, 4(1), 19 – 28. Recuperado de http://www.exeedu.com/publishing.cl/av_cienc_ing/2013/Vol1/Nro1/2-ACI1142-12-full.pdf

- Rodríguez, S., Gauna, L., Martínez, G., Acevedo, H. y Romero, C. (2012). Relación del nitrato sobre la contaminación bacteriana del agua. *Terra Latinoamericana*, 30(2), 111-119. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792012000200111&lng=es&tlng=es.
- Rodríguez, H. y Botello, A. (2010). Contaminación enterobacteriana en la red de agua potable y en algunos sistemas acuáticos del sureste de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 3(1), 7-53. Recuperado de <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/20655/19573>
- Sánchez, H., Vargas, M. y Méndez, J. (2000). Calidad bacteriológica del agua para consumo humano en zonas de alta marginación de Chiapas. *Salud Pública de México, Scielo*. 42 (5), 397-406. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/106/10642507.pdf>
- Sawyer, C., Mc Carty, L. y Parkin, G. (2010). *Química para Ingeniería Ambiental* (cuarta edición). Ciudad de Bogotá, Colombia: Editorial Mc Gra Hill.
- Severiche, C. y González, U. (2012). Evaluación analítica para la determinación de sulfatos en aguas por método turbidimétrico modificado: Aguas de Cartagena SA ESP. *Ingenierías USBMed*. 3(2), 6-11. Recuperado de <http://web.usbmed.edu.co/usbmed/fing/v3n2/v3n2a1.pdf>
- Tebbutt, T. (2011). Fundamentos de control de la calidad del agua. México, D. F: Limusa, editores. 239 p. Recuperado de <https://parterea.firebaseio.com/Fundamentos-de-control-de-la-calidad-del-agua-Fundamentals-of-Quality-Control-of-Water-dhupi.pdf>
- Tena, T.N. y Garay, A.E. (2019). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad campesina San Juan de Churin* (tesis de pregrado) Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho - Perú. Recuperado de:

<http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/2904/TENA%20TRUJILL%20Y%20GARAY%20ANASTACIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Torres, C. (2016). *Contaminación por vertimiento de aguas residuales en el agua de consumo de la población del Centro Poblado Churuyacu - San Ignacio* (Tesis de pregrado) Universidad Nacional de Cajamarca.

Torres, P., Cruz, C. y Patiño, P. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista Ingenierías*, 8(15), 76-94. Recuperado de <https://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/view/59>

Urteaga, P., Segura, F., y Sánchez, M. (2019). *Derecho Humano al Agua, Pueblos Indígenas y Petróleo*. Lima: Departamento Académico de Derecho, Centro de Investigación, Capacitación y Asesoría Jurídica, Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/166034>

Vence, L., Rivera, M., Osorio, Y y Castillo, A. B. (2009). Caracterización microbiológica y fisicoquímica de aguas subterráneas de los municipios de La Paz San Diego, César, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 3(2), 27-35. Recuperado de <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/953>

Zubizarreta, G. (2010). *Planta Potabilizadora y Acueductos: Presidencia Roca, Pampa del Indio y Localidades sobre Ruta Provincial N° 40 hasta Las Garcitas y sobre Ruta Provincial N° 30 hasta Capitán Solari*. Provincia de Chaco. Servicio de Agua y Mantenimiento Empresa del Estado Provincial –SAMEEP. Chaco-Argentina. 96 p.

www.google.earth.com.es

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1538/parte01.pdf

CAPÍTULO VII:

APÉNDICE

7.1 Panel fotográfico.



Figura 16. Planta de tratamiento de aguas servidas del centro urbano Venecia.



Figura 17. Primer punto de muestreo: captación de manantial El Tinguillo.



Figura 18. Segundo punto de muestreo: captación de manantial El Tambo.



Figura 19. Tercer punto de muestreo: reservorio.



Figura 20. Identificación y etiquetado de recipientes.



Figura 21. Recipientes para muestreos fisicoquímicos y bacteriológicos.



Figura 22. Equipo de medición de parámetros de campo.



Figura 23. Toma de muestras de agua.

7.2 Informes de análisis de muestras de agua.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0618344

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente	Captación Tinguillo		Captación El Tambo	Reservorio	-	-	-	-
Código Laboratorio	0618344-01		0618344-02	0618344-03	-	-	-	-
Matriz de Agua	NATURAL		NATURAL	NATURAL	-	-	-	-
Descripción	Subterránea		Subterránea	Subterránea	-	-	-	-
Localización de la Muestra	JASS Anexo La Asunción		JASS Anexo La Asunción	JASS Anexo La Asunción	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F)	mg/L	0.038	0.099	0.164	0.115	-	-	-
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.065	1.946	6.412	4.225	-	-	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.050	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Bromuro (Br ⁻)	mg/L	0.035	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.064	0.993	10.10	5.528	-	-	-
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.070	1.331	2.388	1.965	-	-	-
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.032	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Turbidez	NTU	0.09	0.17	0.11	<LCM	-	-	-
pH a 25°C	pH	NA	7.07	7.16	7.13	-	-	-
Sólidos Disueltos Total	mg/L	2.5	351.0	359.0	366.0	-	-	-
(*) Color Verdadero	UC	4	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.8	<1.8	17	17	-	-	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	<1.8	<1.8	<1.8	-	-	-



Ing. Mariano de la Cruz Sarmiento
Analista Responsable de Química
CIP: 119544

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 02 de Julio de 2018.

Página: 2 de 3

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"
JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratorioodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratorioodelagua@hotmail.com FONO: 599000 anexo 1140



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0718405

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente	Captación Tinguillos	Captación El Tambo	Reservorio	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	0718405-01	0718405-02	0718405-03	-	-	-	-	-
Matriz de Agua	NATURAL	NATURAL	NATURAL	-	-	-	-	-
Descripción	Subterránea	Subterránea	Subterránea	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	JASS Anexo La Asunción	JASS Anexo La Asunción	JASS Anexo La Asunción	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F)	mg/L	0.038	0.103	0.152	0.126	-	-	-
Cloruro (Cl)	mg/L	0.065	2.993	6.636	4.349	-	-	-
Nitrato (NO ₃)	mg/L	0.050	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Bromuro (Br)	mg/L	0.035	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Nitrato (NO ₃)	mg/L	0.064	1.870	11.01	6.076	-	-	-
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.070	1.920	1.861	1.586	-	-	-
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.032	<LCM	0.104	<LCM	-	-	-
Turbidez	NTU	0.09	0.25	<LCM	0.29	-	-	-
° pH a 25°C	pH	NA	6.96	7.06	7.04	-	-	-
Solidos Disueltos Totales	mg/L	2.5	312.0	339.0	334.5	-	-	-
(*) Color Verdadero	UC	4.0	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Totales	NMP/ 100mL	1.8	54 x 10 ²	170	540	-	-	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	170	23	6.8	-	-	-

Ing. Oco Freddy H. López León
 Analista de Química
 CIP: 198264

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 31 de Julio de 2018.

Página: 2 de 3

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"
 JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
 e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratoriodelagua@hotmail.com FONOS: 599000 anexo 1140



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0818483

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			Captación Tinguillo	Captación El Tambo	Reservorio	-	-	-
Código Laboratorio			0818483-01	0818483-02	0818483-03	-	-	-
Matriz de Agua			NATURAL	NATURAL	NATURAL	-	-	-
Descripción			Subterránea	Subterránea	Subterránea	-	-	-
Localización de la Muestra			Jass Anx. La Asunción	Jass Anx. La Asunción	Jass Anx. La Asunción	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F)	mg/L	0.038	0.090	0.122	0.126	-	-	-
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.065	2.385	6.574	4.732	-	-	-
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mg/L	0.050	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Bromuro (Br ⁻)	mg/L	0.035	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.064	2.380	10.59	6.731	-	-	-
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.070	1.446	1.706	1.415	-	-	-
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.032	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Turbidez	NTU	0.09	<LCM	0.32	0.29	-	-	-
° pH a 25°C	pH	NA	7.06	7.08	7.11	-	-	-
Sólidos Disueltos Total	mg/L	2.5	319.5	336.5	326.0	-	-	-
(*) Color Verdadero	UC	4.0	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Totales	NMP/ 100mL	1.8	17	23	<1.8	-	-	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	<1.8	7.8	<1.8	-	-	-

por: 
Ing. Qco. Mariano de la Cruz Sarmiento
Analista Responsable de Química
CIP: 119544



Cajamarca, 03 de Setiembre de 2018.

Página: 2 de 3



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0918543

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			Captación Tinguillo	Captación El Tambo	Reservorio	-	-	-
Código Laboratorio			0918543-01	0918543-02	0918543-03	-	-	-
Matriz de Agua			NATURAL	NATURAL	NATURAL	-	-	-
Descripción			Subterránea	Subterránea	Subterránea	-	-	-
Localización de la Muestra			Jass Anx. La Asunción	Jass Anx. La Asunción	Jass Anx. La Asunción	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	0.038	0.140	0.216	0.138	-	-	-
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.065	3.098	7.146	6.233	-	-	-
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mg/L	0.050	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Bromuro (Br ⁻)	mg/L	0.035	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.064	3.872	11.75	9.888	-	-	-
Sulfato (SO ₄ ⁼)	mg/L	0.070	13.03	18.15	8.078	-	-	-
Fosfato (PO ₄ ⁼)	mg/L	0.032	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Turbidez	NTU	0.09	<LCM	0.13	<LCM	-	-	-
° pH a 25°C	pH	NA	7.00	7.05	7.14	-	-	-
Sólidos Disueltos Total	mg/L	2.5	330.0	340.0	369.0	-	-	-
(*) Color Verdadero	UC	4.0	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Totales	NMP/ 100mL	1.8	<1.8	4.5	<1.8	-	-	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	<1.8	2.0	<1.8	-	-	-

Ing. Qco. Mariano de la Cruz Sarmiento
Analista Responsable de Química
CIP: 119544

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Cajamarca, 01 de Octubre de 2018.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

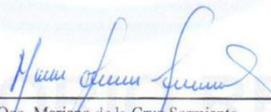
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1018625

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			Captación Tingulillo	Captación El Tambo	Reservorio	-	-	-
Código Laboratorio			1018625-01	1018625-02	1018625-03	-	-	-
Matriz de Agua			NATURAL	NATURAL	NATURAL	-	-	-
Descripción			Subterránea	Subterránea	Subterránea	-	-	-
Localización de la Muestra			Jass Anx. La Asunción	Jass Anx. La Asunción	Jass Anx. La Asunción	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F)	mg/L	0.038	0.092	0.126	0.115	-	-	-
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.065	2.115	5.076	3.311	-	-	-
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mg/L	0.050	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Bromuro (Br)	mg/L	0.035	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.064	2.317	8.32	4.661	-	-	-
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.070	1.769	1.405	1.801	-	-	-
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.032	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Turbidez	NTU	0.09	<LCM	0.15	0.17	-	-	-
pH a 25°C	pH	NA	6.95	7.08	7.05	-	-	-
Sólidos Disueltos Total	mg/L	2.5	325.0	302.0	310.0	-	-	-
(*) Color Verdadero	UC	4.0	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Totales	NMP/ 100mL	1.8	20	7.8	6.8	-	-	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	2.0	4.5	<1.8	-	-	-


Ing. Qto. Mariano de la Cruz Sarmiento
Analista Responsable de Química
CIP: 119544

Cajamarca, 06 de Noviembre de 2018.

Página: 2 de 3



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1118688

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			Captación Tinguillo	Captación El Tambo	Reservorio	-	-	-
Código Laboratorio			1118688-01	1118688-02	1118688-03	-	-	-
Matriz de Agua			NATURAL	NATURAL	NATURAL	-	-	-
Descripción			Subterránea	Subterránea	Subterránea	-	-	-
Localización de la Muestra			Jass Anx. La Asunción	Jass Anx. La Asunción	Jass Anx. La Asunción	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F)	mg/L	0.038	0.206	0.119	0.173	-	-	-
Cloruro (Cl)	mg/L	0.065	2.732	6.077	5.088	-	-	-
Nitrato (NO ₃)	mg/L	0.050	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Bromuro (Br)	mg/L	0.035	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Nitrato (NO ₃)	mg/L	0.064	8.122	9.918	6.718	-	-	-
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.070	100.3	1.508	3.437	-	-	-
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.032	<LCM *	<LCM	<LCM	-	-	-
Turbidez	NTU	0.09	0.25	1.11	0.29	-	-	-
° pH a 25°C	pH	NA	7.82	7.84	7.90	-	-	-
Sólidos Disueltos Total	mg/L	2.5	311.0	332.0	296.0	-	-	-
(*) Color Verdadero	UC	4.0	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Totales	NMP/ 100mL	1.8	540	350	16 x 10 ²	-	-	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	49	13	31	-	-	-

por:
Ing. Qco. Mariano de la Cruz Sarmiento
Analista Responsable de Química
CIP: 119544

Cajamarca, 30 de Noviembre de 2018.

Página: 2 de 3

7.3 Métodos de ensayo utilizados.

 <p>LABORATORIO REGIONAL AGUA</p>	<p>LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA</p> <p>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084</p>	 <p>INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 084</p>
<p>INFORME DE ENSAYO N° IE 1118688</p>		
Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrito, Bromuro, Sulfato, Nitrato, Fosfato, N-NO ₂ , N-NO ₃ , P-PO ₄ , N-NO ₂ +N-NO ₃)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
Turbidez	NTU	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2130. B. 23rd Ed. 2017. Turbidity. Nephelometric Method
Potencial de Hidrogeno (pH) a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+. B. 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,C, 22 nd Ed. 2012. Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C
Color Verdadero	UC	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23rd Ed. 2017: Color. Spectrophotometric Single Wavelength Method (Proposed)
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.
<p>OBSERVACIONES</p>		
<p>LCM: Limite de cuantificación del métodos, VE: Valor Estimado Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido. Los Resultados Microbiológicos <1.8, 1.1, <1.0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra. (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado (*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método. Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev:N°05 Fecha : 06/06/2017</p>		
<p>NOTAS FINALES</p>		
<p>✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua. ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas. ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025. ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce. ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado. ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditacion otorgada por INACAL-DA.</p>		
		<p>Cajamarca, 30 de Noviembre de 2018.</p>
<p>LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA</p>		
<p>Página: 3 de 3</p>		
<p>*"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO" JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ e-mail: laboratoriofodelagua@regioncajamarca.gob.pe FONC. 599000 anexo 1140</p>		