

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS

TESIS:

CALIDAD FISICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA UTILIZADA PARA EL CONSUMO HUMANO EN EL CASERÍO PATA PATA CENTRO POBLADO PARIAMARCA – CAJAMARCA - 2020

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

Presentada por:

Bachiller: WALTER MORALES GOICOCHEA

Asesora:

Dra. CONSUELO BELANIA PLASENCIA ALVARADO

Cajamarca – Perú

2022

COPYRIGHT© 2022 by
WALTER MORALES GOICOCHEA
Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AGRARIAS**

PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS

TESIS APROBADA:

**CALIDAD FISICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA
UTILIZADA PARA EL CONSUMO HUMANO EN EL CASERÍO PATA PATA
CENTRO POBLADO PARIAMARCA – CAJAMARCA - 2020**

Para optar el Grado Académico de
MAESTRO EN CIENCIAS
MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

Presentada por:
Bachiller: WALTER MORALES GOICOCHEA

JURADO EVALUADOR

Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado
Asesora

Dr. Edín Edgardo Alva Plasencia
Jurado Evaluador

Dr. Marcial Hidelso Mendo Velásquez
Jurado Evaluador

Dr. Nilton Eduardo Deza Arroyo
Jurado Evaluador

Cajamarca – Perú

2022



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 *10:55*... horas, del día 29 de marzo de dos mil veintidós, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por la **Dr. EDÍN EDGARDO ALVA PLASENCIA**, **Dr. MARCIAL HIDELSO MENDO VELÁSQUEZ**, **Dr. NILTON EDUARDO DEZA ARROYO**, y en calidad de Asesora la **Dra. CONSUELO BELANIA PLASENCIA ALVARADO**, 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 FISICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA UTILIZADA PARA EL CONSUMO HUMANO EN EL CASERÍO PATA PATA CENTRO POBLADO PARIAMARCA – CAJAMARCA - 2020”**, presentada por el **Bach. en Ingeniería Ambiental, WALTER MORALES GOICOCHEA**

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó *A.P.D.B.A.R.*... con la calificación de *19 (D.E.C.I.S.I.E.T.E.)*... la mencionada Tesis; en tal virtud, el **Bach. En Ingeniería Ambiental, WALTER MORALES GOICOCHEA**, 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 *12:20*... horas del mismo día, se dio por concluido el acto.


.....
Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado
Asesora


.....
Dr. Edín Edgardo Alva Plasencia
Jurado Evaluador


.....
Dr. Marcial Hidelso Mendo Velásquez
Jurado Evaluador


.....
Dr. Nilton Eduardo Deza Aroyo
Jurado Evaluador

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quien supo guiarme por el buen camino, por darme fuerza para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy, en memoria de mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor y ayuda en los momentos difíciles. Me han dado todo lo que soy como persona mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia y mi coraje para conseguir mis objetivos.

El Autor

AGRADECIMIENTO

Para mis padres que están en el cielo el agradecimiento por dejarme la mejor herencia del mundo, sus enseñanzas.

Agradezco a mi asesora de tesis la Dra. Consuelo Plasencia Alvarado, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento, así como también haberme tenido la paciencia para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis.

El Autor

EPÍGRAFE

“Enseñar no es transferir conocimiento, sino crear las posibilidades para su producción o su construcción. Quien enseña aprende al enseñar y quien enseña aprende a aprender.”

(Paulo Reglus Neves Freire)

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
EPÍGRAFE.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
LISTA DE ABREVIACIONES.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II.....	4
MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
2.2. BASES TEÓRICAS.....	11
2.2.1. Agua.....	11

2.2.2.	Calidad de agua.....	11
2.2.3.	Aguas subterráneas	12
2.2.4.	Calidad de Agua subterránea	12
2.2.5.	Aprovechamiento de las Aguas Subterráneas.....	13
2.2.6.	Importancia del agua subterránea	13
2.2.7.	Contaminación de las aguas subterráneas.....	13
2.2.8.	Contaminantes presentes en el agua subterránea	14
2.2.9.	Contaminación por actividades humanas.....	14
2.2.10.	Contaminación por labores agrícolas.....	14
2.2.11.	Impacto de la calidad de agua en la salud	15
2.2.12.	Pozos tubulares	15
2.2.13.	Profundidad	15
2.2.14.	Temperatura	16
2.2.15.	Hidrogeología	16
2.2.16.	Coliformes Totales.....	16
2.2.17.	Coliformes Termotolerantes	17
2.2.18.	<i>Escherichia coli</i>	17
2.2.19.	Calidad Bacteriológica del agua subterránea.....	18

2.2.20. Marco Normativo.....	18
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	21
2.3.1. Conductividad eléctrica	21
2.3.2. Potencial de hidrógeno pH.....	21
2.3.3. Dureza total.....	22
2.3.4. Arsénico	22
2.3.5. Cadmio.....	22
2.3.6. Cromo	23
2.3.7. Plomo.....	23
CAPÍTULO III	24
MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	24
3.2. ASPECTOS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO	25
3.2.1. El clima.....	25
3.2.2. Accesibilidad	26
3.2.3. Hidrografía.....	26
3.2.4. Condiciones edáficas	26
3.2.5. Geomorfología.....	26

3.2.6.	Condiciones socio-económicas.....	26
3.2.7.	Ecología.....	27
3.2.8.	Organizaciones sociales.....	27
3.3.	MATERIALES.....	27
3.3.1.	Campo.....	27
3.3.2.	Laboratorio	27
3.3.3.	Gabinete.....	27
3.4.	METODOLOGÍA.....	28
3.4.1.	Recolección de muestras de agua subterráneas	28
3.4.2.	Análisis de laboratorio.....	30
	3.4.2.1 Parámetros fisicoquímicos.....	30
	3.4.2.2 Parámetros bacteriológicos	36
3.5.	DISEÑO EXPERIMENTAL	37
3.5.1.	Muestra	37
3.5.2.	Contrastación de resultados	38
	CAPÍTULO IV.....	39
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39

CAPÍTULO V	55
CONCLUSIONES	55
5.1. CONCLUSIONES	55
5.2. RECOMENDACIONES	57
CAPÍTULO VI.....	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
CAPÍTULO VII.....	66
APÉNDICE	66
ANEXO.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ubicación de los puntos de muestreo y nombres de propietarios.....	24
Tabla 2. Registro de la toma de muestras de agua subterránea de los pozos tubulares.....	30
Tabla 3. Resultados de la concentración del Arsenico, Plomo y Selenio de las tres muestras de aguas subterráneas en época de lluvia y estiaje	43
Tabla 4. Resultados de la concentración del Cadmio y Mercurio de las tres muestras de aguas subterráneas en época de lluvia y estiaje	45
Tabla 5. Resultados de la concentración de Antimonio, Cromo, Molibdeno y Niquel de las tres muestras de aguas subterráneas en época de lluvia y estiaje.....	46
Tabla 6. Resultados de la concentración del Aluminio, Bario y Hierro de las tres muestras de aguas subterráneas en época de lluvia y estiaje	47
Tabla 7. Resultados de la concentración de Boro, Cobre y Zinc de las tres muestras de aguas subterráneas en época de lluvia y estiaje	48
Tabla 8. Resultados de la concentración del Sodio de las tres muestras de aguas subterráneas en época de lluvia y estiaje	52
Tabla 9. Comparación de medias de los parámetros químicos en época de lluvia y estiaje en el PM - 1.	53
Tabla 10. Comparación de medias de los parámetros químicos en la época de lluvia y estiaje en el PM - 2.	54
Tabla 11. Comparación de medias de los parámetros químicos en la época de lluvia y estiaje en el PM - 3	58

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación de los pozos tubulares en el caserío Pata Pata	25
Figura 2. Conductividad en las muestras de aguas subterráneas de la MP-1, MP-2 y MP-3 en época de lluvia y estiaje	39
Figura 3. pH en las muestras aguas subterráneas MP-1, MP-2 y MP-3 en época de lluvia y estiaje	41
Figura 4. Valores de la dureza en las muestras MP – 1, MP – 2 y MP – 3 en las épocas de lluvia y estiaje	42
Figura 5. Concentraciones de los coliformes totales en las muestras de las aguas subterráneas MP-1, MP-2 y MP3-. en época de lluvia y estiaje	50
Figura 6. Toma de muestra de MP-1	66
Figura 7. Adición de preservante a la muestra de agua MP-1	66
Figura 8. Toma de la muestra de agua MP-2	66
Figura 9. Adición de preservante a la muestra de agua MP-2	66
Figura 10. Toma de la muestra de muestra MP-3	67
Figura 11. Adición de preservante a la muestra de agua MP-3	67
Figura 12. Multiparámetro marca WTW que se utilizó para medir pH y conductividad eléctrica.....	67
Figura 13. Muestras de agua transportadas en el cooler al laboratorio de NKAP.....	67

LISTA DE ABREVIACIONES

ANA: Autoridad Nacional del Agua

DBO₅: Demanda Biológica de Oxígeno

DIGESA: Dirección General de la Salud Ambiental

LMP: Límite Máximo Permisible

MINAM: Ministerio del Ambiente

MP: Muestra de Pozo

OD: Oxígeno disuelto

OMS: Organización Mundial de la Salud

pH: Potencial de hidrogeniones

T: Temperatura

UFC: Unidad formadora de colonias

UTM: Universal Transverse Mercator

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo general evaluar la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua subterránea utilizada para el consumo humano en el caserío Pata Pata, Centro Poblado Pariamarca - Cajamarca, las muestras de aguas subterráneas fueron obtenidas de tres pozos tubulares ubicados en los predios de Jenner Bringas Leiva, Marcial Cusquisiban Villa y Miguel Cachay Santillán. En el laboratorio NKAP SRL de Cajamarca se evaluaron los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos. Sobre los resultados, el promedio de pH de los tres pozos tubulares en periodo de lluvia y estiaje fueron de 7,12 y 7,27 respectivamente, la Conductividad Eléctrica en época de lluvia tuvo un valor de 1296 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en estiaje fue 1062 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La Dureza Total en época de lluvia presentó 720,4 mg/L y en estiaje fue 755 mg/L. Los coliformes totales en época de lluvia tuvo una concentración de 5400 NMP/100 mL y en estiaje fue 1400 NMP/100 mL. Respecto a los coliformes termotolerantes en época de lluvia tuvo 2400 NMP/100 mL y en estiaje fue 1300 NMP/100 mL. Los metales evaluados fueron Arsénico, Plomo, Cromo, Cadmio, entre otros, los resultados no sobrepasaron los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano aprobado en el D.S. N° 031-2010-SA. Se concluyó que la calidad de las aguas subterráneas de los tres pozos tubulares muestreados no son aceptables para el consumo humano, porque los parámetros de Dureza total, Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes, superaron los LMP de la normativa vigente.

Palabras claves: Aguas subterráneas, calidad de agua, fisicoquímico y bacteriológico, pozos tubulares.

ABSTRACT

The general objective of the research was to evaluate the physicochemical and bacteriological quality of the groundwater used for human consumption in the Pata Pata farmhouse, Pariamarca Populated Center - Cajamarca, the groundwater samples were obtained from three tubular wells located on the farms owned by Jenner Bringas Leiva, Marcial Cusquisiban Villa and Miguel Cachay Santillán. In the NKAP SRL laboratory in Cajamarca, the physicochemical and bacteriological parameters were evaluated. On the results, the average pH of the three tubular wells in the rainy and dry season were 7,12 and 7.27 respectively, the Electrical Conductivity in the rainy season was 1296 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and in dry season it was 1062 $\mu\text{S}/\text{cm}$. The Total Hardness in the rainy season presented 720,4 mg/L and in the dry season it was 755 mg/L. Total coliforms in the rainy season had a concentration of 5400 NMP/100 mL and in dry season was 1400 NMP/100 mL. Regarding thermotolerant coliforms in the rainy season was 2400 NMP/100 mL and in dry season it was 1300 NMP/100 mL. The metals evaluated were Arsenic, Lead, Chromium, Cadmium, among others, the results did not exceed the Maximum Permissible Limits established in the Regulation of the Quality of Water for Human Consumption approved in D.S. N° 031-2010-SA. It was concluded that the quality of the groundwater from the three sampled tubular wells is not acceptable for human consumption, because the parameters of Total Hardness, Total Coliforms, Thermotolerant Coliforms, exceeded the LMP of the current regulations.

Keywords: Groundwater, water quality, physicochemical and bacteriological, tube wells.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El Perú es un país que en sus tres regiones geográficas Costa, Sierra y Selva, tiene una carencia de servicio de agua potable, a pesar que la selva pernocta una gran diversidad de cuerpos de agua conformado por lagos, ríos, cochas y quebradas; se cuenta con muy poca agua que esté disponible para el consumo humano; razón por la cual, en las zonas urbanas como rurales, las familias se ven en la necesidad de construir pozos tubulares que muchas veces no cuentan con los criterios experimentados sanitarios adecuados; ya que, en la mayoría de los casos se observa que estos pozos tubulares son construidos en las partes bajas por lo que son fácilmente contaminados con desechos orgánicos que se encuentran en la superficie y que contienen no sólo microbios, sino también patógenos intestinales procedentes de excrementos de humanos y de animales (Talavera, 2018).

El crecimiento poblacional en grandes ciudades y la insuficiencia de agua para consumo humano, ha obligado a la población a buscar otras fuentes de agua dulce, como por ejemplo las aguas subterráneas. En muchas zonas de la ciudad de Cajamarca se practica la extracción de agua subterránea para atender las demandas del consumo humano. Esta situación aumenta aún más en las zonas rurales de Cajamarca. La mayoría de los pobladores que utilizan estas aguas subterráneas desconoce su calidad es decir si es apta o no para su consumo. La calidad del agua subterránea puede encontrarse afectada de diferentes maneras por parte de la actividad humana como descarga de líneas de desagüe, pozos sépticos, que llega hasta el nivel freático, derramamiento de hidrocarburos, actividades agropecuarias que utilizan la cantidad de pesticidas en el agua (Flores, 2016).

El agua, es un bien de primera necesidad para todos los seres vivos, elemento natural que establece los sistemas medioambientales e indispensable para la vida en el planeta por ser la magnitud que desarrolla los procesos biológicos. El agua forma parte de todos los procesos naturales de la tierra por lo que tiene un impacto en todos los aspectos de la vida. Esto debido a que cada organismo depende del agua, ésta se ha convertido en el eje fundamental del desarrollo de la sociedad. Pero también el agua es un recurso limitado muy vulnerable y escaso no existiendo un conocimiento sobre el manejo moderado que se debe realizar sobre este recurso (Pacori, 2018).

Los mayores contaminantes son los químicos, entre estos se encuentran los metales pesados que por sus características químicas son tóxicos, como el Cromo, Cadmio, Plomo y Arsénico. Así mismo los contaminantes bacteriológicos se resalta la presencia de Coliformes Termotolerantes porque son indicadores de contaminación fecal (Benítez, 2020).

Frente a la situación problemática planteada, se formuló el siguiente problema de investigación ¿Cuál es la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua subterránea utilizada para consumo humano en el caserío Pata Pata – Centro Poblado Pariamarca – Cajamarca 2020?;

La hipótesis formulada fue La calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua subterránea del caserío Pata Pata, Centro Poblado Pariamarca es mala para el consumo humano. El objetivo general fue determinar la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua subterránea utilizada para el consumo humano, en el caserío Pata Pata, Centro Poblado de Pariamarca. Así mismo los objetivos específicos fueron: a) Determinar el parámetro físico conductividad eléctrica del agua subterránea en el caserío Pata Pata, Centro Poblado de Pariamarca, b) Evaluar los parámetros químicos pH, dureza total,

metales pesados totales de las aguas subterráneas en el caserío Pata Pata, Centro Poblado de Paríamarca, c) Determinar la concentración de Coliformes totales y Coliformes termotolerantes del agua subterránea en el caserío Pata Pata, Centro Poblado de Paríamarca, d) Comparar los resultados obtenidos con los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

Chacón (2018), en su investigación denominada “Recursos Acuáticos de Nicaragua, sobre la Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales y Subterráneas, de la Subcuenca del Río Viejo”. Analizó las concentraciones bacterianas en tres pozos profundos ya que estos se encuentran expuestos a contaminación por residuos. Los Coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, fueron consistentemente mostradas en época de lluvia y estiaje, evaluó las aguas subterráneas, Río Viejo y tributarios más importantes, manantiales, pozos perforados y algunos pozos excavados, realizó dos muestreos en 16 sitios a lo largo del Río Viejo, 7 manantiales, 10 pozos perforados y 3 pozos excavados. En las Aguas Superficiales del Río Viejo, la concentración de Coliformes termotolerantes, fluctuaron entre $1,10 \times 10^1$ y $7,90 \times 10^4$ NMP/100 mL⁻¹. En todos los sitios estudiados durante la época seca y la época lluviosa, también se observó la concentración de *Escherichia coli*, constantemente en ambas épocas oscilando entre $< 1,8$ y $7,90 \times 10^4$ NMP/100 mL⁻¹. Existe algunas cepas de *Escherichia coli* que pueden causar enfermedades, en los sitios estudiados aguas superficiales, presentando contaminación para la salud humana, en casos que la población entre en contacto con el agua contaminada. Los resultados logrados evidencian que las aguas superficiales y subterráneas están siendo influenciadas por actividades realizadas por el ser humano y que existe una contaminación de origen fecal, que representa un riesgo potencial a la salud de la población.

Méndez (2015), en su investigación sobre la “Calidad microbiológica de pozos de abastecimiento de agua potable en Yucatán, México”, se evaluó la calidad microbiológica

del agua subterránea de 106 pozos de abastecimiento del sistema de agua potable, determinando la agrupación de bacterias coliformes y enterococos, para identificar el principal origen de la contaminación era por heces humanas o animales. Las principales amenazas para el acuífero se derivan del manejo inadecuado de los desechos y el crecimiento poblacional, en las zonas rurales el 26,7% de viviendas carece de sistema sanitario. Los sitios donde se tomaron las muestras corresponden a cada una de las zonas de abastecimiento y fueron colectadas directamente de los pozos de abastecimiento de las plantas potabilizadoras. En cada pozo, se realizó los análisis bacteriológicos in situ, utilizando incubadoras bacteriológicas de campo. Los resultados obtenidos, evidencian la presencia de bacterias indicadores de contaminación en 93 de los 106 pozos muestreados. Solamente 18 de los 106 pozos de abastecimiento cumplen con los parámetros establecidos, de manera general concluyeron que la mayoría de las zonas de abastecimiento de agua del Estado de Yucatán, existe contaminación bacteriológica tanto reciente como no reciente, esto se debe a la falta de tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales y por la filtración al acuífero.

Calsín (2016), evaluó la “Calidad fisicoquímica y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi III de la ciudad de Juliaca, Puno”. En muchas ciudades de nuestro país, como Juliaca, no se realiza ningún tipo de procedimiento ni monitoreo medioambiental, de los recursos hídricos por lo que se considera de importancia determinar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos; ya que las aguas son dispuestas a ser contaminadas por material orgánico que resisten a la contaminación por microorganismos exponiendo a las personas a un riesgo de enfermedades gastrointestinales, de esta manera priorizar la solución del problema de saneamiento básico que contribuirá en mejorar la calidad de vida de la población de la ciudad de Juliaca. Los resultados de los parámetros físicos en aguas de pozos en el sector

Taparachi III de la ciudad de Juliaca muestran que la conductividad eléctrica fue de $1636,25 \pm 86,39 \mu\text{S}/\text{cm}$ en pozos artesanales y en pozos tubulares $1082,18 \pm 81,79 \mu\text{S}/\text{cm}$, los parámetros químicos en aguas subterráneas el pH fue de $7,39 \pm 0,08$ en pozos artesanales y en pozos tubulares $7,14 \pm 0,12$, la dureza total fue de $628,91 \pm 48,78 \text{ mg}/\text{L}$ en pozos artesanales y en pozos tubulares $438,91 \pm 45,33 \text{ mg}/\text{L}$, los parámetros bacteriológicos fue de $378,16 \pm 96,03 \text{ UFC}/100 \text{ mL}$ en pozos artesanales y en pozos tubulares $226,21 \pm 62,60 \text{ UFC}/100 \text{ mL}$. Se concluye que los parámetros que excedieron los LMP fueron dureza total, coliformes totales y fecales, por lo tanto, el agua de los pozos artesanales y tubulares no son aptas para el consumo humano.

Anduro (2017), en su investigación denominada, “Diagnóstico de la Calidad Sanitaria del Agua de pozo en comunidades del Sur de Sonora, México en el año 2017”. Se determinó que los patógenos más habituales que atacan a niños y adultos son *Escherichia coli* y *Salmonella spp*, y para evitar estas enfermedades se debe realizar la potabilización del agua. Este estudio fue realizado en las comunidades rurales del Sur de Sonora México entre junio del 2013 y mayo del 2014 y tenían como influencia la cuenca del río Yaqui, se recolectaron un total de 106 muestras. Según los resultados de los análisis microbianos de 106 muestras de agua, el 21,7% de las muestras excedieron los criterios establecidos para México. El 50,9%, de las muestras presentaron incidencia del grupo Coliformes Totales, mientras que el 39,6% tuvo presencia de Coliformes fecales. Es importante resaltar que el 100% de las muestras tuvieron ausencia de cloro residual, sin embargo, el patógeno Salmonela estuvo ausente en el total de muestras analizadas.

Mite (2015), realizó el “Estudio Microbiológico del Pozo de Agua en la Comuna Loma Alta, Parroquia Colonche - Guayaquil y su posible incidencia en la Salud de la Población que la consume”. Se realizaron los análisis bacteriológicos en el laboratorio privado Grupo Químico Marcos, identificación de la muestra del agua de pozo de Loma

Alta, cuyos parámetros se encuentren conocidos ante el organismo competente. En el análisis bacteriológico se registraron 880 UFC /100 mL de *Shigella*, por lo que se puede afirmar que en el pozo de agua existe la presencia en alta cantidad de este patógeno. En el caso de *Salmonella spp*, alcanzó a 530 UFC /100 mL de la misma manera se comprobó que el valor detectado en el agua de pozo de la comunidad de Loma Alta fue alto según la comparación de los parámetros de la calidad microbiológica del agua, así mismo se detectó *Escherichia Coli* con un valor de 20 NMP/100 mL.

Zambrano (2015), en su trabajo de investigación denominado, “Evaluación de la producción y calidad del agua de los pozos profundos que abastecen a la ciudad de Machala, provincia de El Oro”. Se evaluó la situación actual sobre la calidad del agua, que se obtiene al ingresar a la planta y la calidad de agua que es enviada hacia la ciudad de Machala, para satisfacer la demanda de la ciudadanía. Las principales características fue que la ciudad optó por extraer agua subterránea por motivo del incremento de la población y además las aguas superficiales no tienen el caudal necesario para cubrir la demanda de la población, resultando como una opción de proveer de agua subterránea. El análisis bacteriológico de los coliformes fecales y coliformes totales, registraron < 1 UFC/100 mL, los que se encontraron dentro de los límites tolerables según la Norma Ecuatoriana.

Gutiérrez (2019), en el trabajo de investigación denominada, “Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano en el centro poblado de Virú, distrito Virú, Perú, 2018.” Se muestreó 32 pozos tubulares a tajo abierto, ubicados en los sectores El Frontón, California, La Gloria, Huancaquito alto, El Carmelo y Santa Elena, del distrito de Virú, los resultados en el sector la Gloria superaron los 1600 NMP /100 mL de coliformes totales de la muestra de agua, en menor intensidad se presentaron

en el sector California y menor en Huanchaquito, los coliformes fecales se presentaron en dos de los ocho sectores muestreados en el sector la Gloria superaron los 160 NMP /100 mL de coliformes fecales de la muestra, mientras que en sector California solo un punto de muestreo superó los 40 NMP /100 mL de coliformes fecales. Concluyó que el agua subterránea de los pozos tubulares a tajo abierto del distrito de Virú, no son aptas para el consumo humano, se puede utilizar para la agricultura y actividades recreativas previa cloración.

Huillca (2019), realizó la “Evaluación de la concentración de Arsénico en aguas subterráneas para consumo humano en la Asociación Nueva Jerusalén, Juliaca-Puno”. El arsénico se investigó por el método espectrométrico de absorción atómica desarrollado en el laboratorio acreditado, de las 10 muestras se obtuvo 8 muestras de las aguas de los pozos subterráneos estudiados, presentan una concentración de arsénico menor de <0,005 mg/L. Las concentraciones estuvieron entre 0,108 y 0,106 mg/L. Los resultados obtenidos según la normativa del Ministerio de Salud D.S. 031-2010 SA, indicaron que el parámetro analizado no sobrepasó los límites máximos permisibles excepto las muestras M8 y M10 que fueron mayores a 0,010 mg/L. En la prueba estadística, el nivel de concentración de arsénico en las aguas subterráneas para consumo humano, reportó que no es menor a 0,010 LMP, esto indica que es igual o mayor a los LMP de la norma vigente. La contaminación de las aguas subterráneas por arsénico y otros elementos tóxicos es una de las mayores amenazas sanitarias y medioambientales a las que se enfrenta la humanidad, ya sea de forma inorgánicas y orgánicas.

Arévalo (2019), investigó la “Optimización de un Sistema de Abastecimiento para aguas subterráneas destinadas al uso poblacional, en función de la evaluación fisicoquímica y microbiológica en el distrito de la Banda de Shilcayo en el año 2019”. Se llevó a cabo en el distrito de la Banda de Shilcayo, provincia y Región San Martín,

distrito que se encuentra a 1 km. de Tarapoto, para la muestra se consideró 2 pozos: Pozo 1, en Predio Rural Asociación Pro Vivienda Llanuras del Amazonas y pozo 2, en el Sector Lagartococha; este perteneciente al distrito de La Banda de Shilcayo. Los resultados sobre las características físico químicas del agua sin tratar de los pozos 1 y 2 tuvieron niveles de pH de 5,12 y 5,4; en agua tratada fue 7,01 y 6,91 respectivamente; la turbidez del pozo 1 y 2 fue de 4 y 6 NTU, del agua tratada fue 0,5 NTU en ambos pozos y en las características microbiológicas *Escherichia Coli* fue menor a 1,8 NMP/100 mL sobrepasando lo permitido en el agua del pozo 1 y en el pozo 2, los coliformes totales fueron 540 NMP/100 mL y *Escherichia Coli* fue menor a 1,8 NMP/100 mL sobre pasando las normas establecidas.

Arévalo (2016), realizó la “Evaluación de la calidad del agua subterránea en el AA.HH Antonio Maya de Brito, distrito de Callería, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali – 2015”. La investigación tuvo como objetivo evaluar el nivel de contaminación del agua subterránea de los pozos tubulares, se evaluó los parámetros microbiológicos y los parámetros fisicoquímicos. Para este estudio se analizaron 05 pozos, cuyas aguas eran utilizados para el consumo humano, el muestreo microbiológico indicó que el pozo 05 estaba contaminado con coliformes totales y para el análisis fisicoquímico se encontró que el pozo 02 no cumplía con el reglamento de la calidad del agua para el consumo humano. Concluyendo así que, el pozo 02 presentó una contaminación fisicoquímica baja y el pozo 05 presentó contaminación microbiológica baja.

Calla (2020), realizó su trabajo de investigación titulado, “Calidad fisicoquímica y microbiológica de los manantiales de consumo humano en el centro poblado Chin Chin Tres Cruces, Cajamarca 2019”. Se tomaron las muestras de dos manantiales, ubicados en la parte alta y un manantial en la parte baja. Los parámetros analizados fueron pH,

Conductividad, Plomo, Arsénico, Coliformes fecales, Coliformes Termotolerante. Se llegó a la conclusión que, el agua de los dos manantiales presentó una mala calidad. En los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos en el manantial N° 1, el pH presentó un valor de 7,2. El manantial N° 2 presentó un valor de 7,44 en pH; el Manantial N° 1, la Conductividad eléctrica, presentó un valor de 169,47 $\mu\text{S}/\text{cm}$; el manantial N° 2, presentó un valor de 196,55 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en Conductividad eléctrica. En la evaluación de los Parámetros microbiológicos; los Coliformes fecales en el manantial N° 1, presentó un valor de 145,17 UFC/100mL. El Manantial N° 2, presentó un valor de 19,47 UFC/100mL. Sobre los Coliformes totales el manantial N° 1, presentó un valor de 1298,25 UFC/100mL. Manantial N°2, presentó un valor de 619,25 UFC/100mL.

En otra investigación realizada en Cajamarca, se observó que el agua subterránea de la zona San Martín, sólo hubo coliformes totales en el mes de junio, mientras que en el agua subterránea de la zona de Ajoscancha Baja, hubo coliformes totales en todos los meses de muestreo, esto es posiblemente a la presencia de un pozo séptico muy cerca y a los animales menores que están alrededor del pozo tubular de agua subterránea, también a la poca profundidad de éste que es de un metro, comparado con el pozo tubular de la zona de San Martín que es de veinte metros de profundidad. Los análisis fueron realizados directamente de las aguas subterráneas pero también se aplicó ebullición a las muestras y se verificó que disminuyó a cero la concentración de los coliformes totales en ambas zonas de estudio (Flores, 2016).

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Agua

El agua es un elemento esencial para la vida humana, para la salud básica y para la supervivencia, así como para la producción de alimentos y para las actividades económicas, el agua cubre el 75% de la superficie terrestre; el 97,5% del agua es salada, sólo el 2,5% es dulce. Los casquetes de hielo y los glaciares contienen el 74% del agua dulce del mundo. La mayor parte del resto se encuentra en las profundidades de la tierra o encapsulada en la tierra en forma de humedad. Sólo el 0,3% del agua dulce del mundo se encuentra en los ríos y lagos, solo entre un 1% y un 4% corresponde al vapor de agua presente en la atmósfera. Para uso humano se puede permitir, a menos del 1% del agua dulce superficial subterránea del planeta (Pacori, 2018)

2.2.2 Calidad de agua

La calidad del agua se concreta en función de un conjunto de características variables fisicoquímicas o microbiológicas, así como de sus valores de aceptación o de rechazo, la calidad físicoquímica del agua se basa en la determinación de sustancias químicas específicas que pueden afectar a la salud, la evaluación de la calidad del agua es un proceso de orientación compuesta que estudia la naturaleza física, química y biológica del agua con relación a la calidad natural, los efectos humanos y acuáticos concernientes con la salud, el agua destinada a ser consumida por la población es fundamental su calidad, interviniendo en el mismo muchos factores que pueden afectar, siendo las actividades realizadas por el ser humano una de las principales causas de contaminación del agua (Calsin, 2016).

2.2.3 Aguas subterráneas

El agua que logra filtrar a través del subsuelo se conoce como zona no saturada, llega al manto freático y queda por encima de la zona saturada, es decir los espacios en donde todas las rocas y el suelo están llenas de agua, se define como parte de ciclo hidrológico que comprende el movimiento continuo de agua ingresa a la tierra y atmósfera por medio de evaporación y precipitación, el agua no se evapora directamente se filtra a través del subsuelo y pasa a formar acuíferos subterráneos, la calidad del agua puede ser afectada por los contaminantes que se introducen en la superficie de la tierra, puede filtrarse hacia la capa freática. En los acuíferos el sistema de flujo es relativamente estable en términos de velocidad y dirección las velocidades promedio pueden variar entre 10-10 y 10-3 m/s, por la porosidad y la permeabilidad del sedimento (Curo, 2017).

2.2.4 Calidad del agua subterránea

El análisis de calidad de aguas es un tema muy importante en los estudios desarrollados para el tipo de aguas subterráneas. La calidad de aguas subterráneas es igualmente para su calidad debido a la capacidad del agua para varios propósitos. Por lo tanto, para proteger la sostenibilidad a largo plazo de los recursos de agua subterránea, la calidad del agua debe ser monitoreada continuamente (Castillo, 2021).

2.2.5 Aprovechamiento de las Aguas Subterráneas

Las aguas subterráneas se pueden beneficiar en épocas de sequía, gracias a la construcción de pozos. Un pozo tubular es una perforación que alcanza la zona de saturación o acuífero, por debajo del nivel freático. El agua debe ser bombeada para que alcance la superficie del terreno. En los pozos artesanos, el agua sale a presión, no es necesario ser bombeada. Esto se debe a que el acuífero está atrapado entre dos franjas

de materiales impermeables y el nivel freático que se encuentra por encima de la superficie del pozo artesano. Las aguas subterráneas pueden dar lugar también a fuentes o manantiales (Pezo, 2016).

2.2.6 Importancia del agua subterránea

El agua subterránea es un recurso natural vital muy importante para el suministro confiable y económico de agua para consumo humano del ámbito rural y urbano. Por ello, juega un papel primordial aunque a menudo poco valorado en el bienestar humano y de algunos ecosistemas acuáticos y terrestres. Un requisito para el abastecimiento de agua que entra al sistema sea de calidad alta y relativamente constante la fuente que mejor cumple con ello es el agua subterránea, por ser un recurso protegido. Para lograr este objetivo se debe recurrir a procesos de tratamiento (Molina, 2018).

2.2.7 Contaminación de las aguas subterráneas

La inseguridad de las aguas subterráneas, amenaza y a la vez es un peligro en la zona de estudio, son necesidades fundamentales para la protección de los recursos hídricos subterráneos debido que se pueden identificar las actividades humanas que tienen mayor posibilidad de generar impactos negativos sobre los acuíferos y los sitios que presentan estos problemas. La contaminación del agua subterránea presenta rangos que varían entre extremo y bajo, la amenaza se encontró entre rango alto a bajo, y el peligro a la contaminación se encontró entre extremo y bajo, lo cual permite llamar la atención sobre medidas correctivas y preventivas en las zonas identificadas como de alto peligro (Sully, 2011).

2.2.8 Contaminantes presentes en el agua subterránea

El Agua subterránea, está considerada, de manera específica que se localiza en la zona de saturación. La contaminación de ésta comprende cualquier variación de sus propiedades físicas, químicas o biológicas, La presencia de coliformes en el agua es un indicio de que el suministro de agua puede estar contaminado con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias, coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo (Castillo, 2021).

2.2.9 Contaminación por actividades humanas

Las formas de contaminación orgánica y biológica más frecuentes son los pozos sépticas, fugas de desague de alcantarillado, vertido indiscriminado de aguas de fabricas industriales, a la cual se suma la contaminación de la utilización cada vez más acelerada de productos químicos de uso domésticos, tales como los detergentes en sus diferentes presentaciones (Pacori, 2018).

2.2.10 Contaminación por labores agrícolas

La contaminación por labores agrícolas se produce por fertilizantes, insecticidas, fungicidas, herbicidas, que llega al acuífero por infiltración. Se han experimentado los distintos factores de filtración, y degradación de diversos pesticidas orgánicos. En otras ocasiones son las impurezas que acompañan a los productos comerciales, y que escapan a los análisis de control, por no figurar en la composición del producto (Vílchez, 2019).

2.2.11 Impacto de la calidad de agua en la salud

El agua tiene una estrecha relación con la vida humana por su utilidad directa y por ser un elemento esencial para la conservación del ecosistema. Tener acceso a un agua segura es fundamental para la salud de las personas, si está contaminada se convierte en uno de los principales factores de transmisión de enfermedades, las que afectan a las familias más desprotegidas de la población, entre ellos los niños. El agua puede transmitir enfermedades intestinales, debido al contacto con desechos humanos y de animales, es el origen principal de enfermedades y otros desechos eliminados (Carcausto, 2017).

2.2.12 Pozos tubulares

El pozo tubular tiene por finalidad la captación y extracción del agua subterránea; cuando la única fuente de suministro a la población es el agua subterránea, el pozo tubular toma una importancia primordial en el sistema de abastecimiento de agua y resulta indispensable mantenerlo operativo y aumentar su vida útil; se tiene que llevar una medición de sus parámetros hidráulicos del pozo y ver la evolución de dichos parámetros a través del tiempo (Osorio, 2018).

2.2.13 Profundidad

Existe la necesidad de determinar la profundidad adecuada de los pozos, dicha profundidad está condicionada con el nivel dinámico que se desea obtener en el acuífero y con las condiciones hidrogeológicas de la zona. El terreno situado por debajo de cierta profundidad donde el agua ocupa la totalidad de los huecos en esta zona, la presión del agua es superior al de la atmósfera y aumenta la profundidad, el agua se mueve de forma natural hacia lagos, mar, manantiales, y de forma provocada hacia las captaciones subterráneas, especialmente por drenajes o galerías (Alcivar, 2017)

2.2.14 Temperatura

Por lo general, las aguas subterráneas tienen temperaturas muy poco variables y responden a la media anual de las temperaturas atmosféricas, aumentando su temperatura a medida que se profundiza, en un valor aproximado de 1° C cada 33 metros a excepción de zonas volcánicas, donde su temperatura aumenta; en zonas sedimentarias es menor. Otra característica de la temperatura en aguas subterráneas que afecta la viscosidad del agua y la capacidad de absorción de gases (Valdivia, 2017).

2.2.15 Hidrogeología

Hidrogeología es la ciencia que estudia el origen y formación de las aguas subterráneas, modo de difusión, movimiento, régimen, reservas, interacción con los suelos y rocas, así como las condiciones que determinan las medidas para su aprovechamiento (Glok, 2015).

2.2.16 Coliformes Totales

Son bacilos gram negativos, aerobios y anaerobios facultativos, no esporulados del grupo coliformes forman parte varios géneros: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter*, etc. Se encuentran en el intestino del hombre y de los animales, pero también en otros ambientes así como en el agua, suelo, plantas, cáscara de huevo, etc. Una elevada proporción de los coliformes que existen en los sistemas de distribución no se debe a un tratamiento en la planta, sino a un recrecimiento de las bacterias en las conducciones (Flores, 2016).

2.2.17 Coliformes Termotolerantes

Los coliformes termotolerantes denominados así porque soportan temperaturas hasta de 45 °C, comprenden un número muy reducido de microorganismos, los cuales son indicadores de calidad por su origen. En su mayoría están representados por *Escherichia coli*, pero se pueden encontrar de forma menos frecuente las especies *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae*. Estas últimas forman parte de los coliformes termotolerantes, pero su origen normalmente es ambiental en el agua, vegetación y suelos, solo ocasionalmente forman parte del microbiota normal. Por eso algunos autores plantean que el término de coliformes fecales, generalmente utilizado, deben ser sustituido por coliformes termotolerantes (Ramos, 2016).

2.2.18 *Escherichia coli*

La *Escherichia coli* causa gastroenteritis en seres humanos y animales. Especialmente sería en recién nacidos y niños menores de 5 años. Los síntomas son diarreas líquidas abundantes con escasa mucosidad, náuseas y deshidratación. La enfermedad no causa fiebre y rara vez sería en personas adultas. Una buena cloración del agua elimina esta bacteria. Se presentan normalmente en el intestino del hombre y del animal es natural su presencia en los alimentos indica contaminación con heces. Sin embargo, *Escherichia coli* se encuentra muy difundida en la naturaleza aunque en la mayoría de las cepas tienen probablemente su origen en las heces, su presencia, particularmente en pequeño número, no se representa necesariamente en los alimentos (Gutiérrez, 2018).

2.2.19 Calidad Bacteriológica del agua subterránea

La calidad bacteriológica del agua procedente de fuentes subterráneas, están naturalmente protegidas, generalmente mejor que aquella procedente de fuentes superficiales no protegidas. No obstante, existen informes de brotes por patógenos fecales originados a partir de estas fuentes. La contaminación microbiológica del agua subterránea se atribuye principalmente a la infiltración de agua contaminada con materia fecal humana o de animales. Este proceso está en relación con un inadecuado diseño, ubicación, construcción, operación o mantenimiento de los pozos y perforaciones utilizados para acceder al agua subterránea, como también con las características geológicas y las condiciones climáticas. Complementariamente, las bombas manuales utilizadas para la extracción de agua pueden actuar como reservorios microbianos y como fuente de contaminación del agua subterránea. Para la determinación de la calidad bacteriológica del agua destinada al consumo humano se recurre a ciertos indicadores. El papel tradicional de estos es detectar la contaminación del agua y de allí deducir la probable presencia de patógenos y el riesgo para la salud (Lösch, 2015).

2.2.20 Marco Normativo

- **Ley General del Ambiente N° 28611**

La presente Ley General del Ambiente establece que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

El Límite Máximo Permisible – LMP, es la medida de la concentración grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.

- **Ley de Recursos Hídricos N° 29338**

También nos manifiesta las funciones de la ANA en materia de aguas subterráneas como a continuación señalo: Artículo 227°. Funciones de la Autoridad Nacional del Agua. La Autoridad Nacional del Agua, en materia de aguas subterráneas ejerce, las funciones siguientes:

- a) Dictar las directivas para los distintos niveles de estudios y obras de exploración y explotación para el aprovechamiento de aguas subterráneas y mantener el adecuado control de la explotación del agua subterránea.
- b) Promover, actualizar y formular estudios hidrogeológicos destinados a evaluar la capacidad del acuífero, su aprovechamiento en cantidad, calidad y oportunidad.
- c) Inventariar las fuentes de agua subterránea en el país.
- d) Establecer, instalar y operar redes de monitoreo del acuífero para evaluar y controlar periódicamente los niveles de la napa y calidad del agua, en coordinación con las organizaciones de usuarios de agua u operadores de agua subterránea según corresponda.

- e) Aprobar los estudios y obras necesarios para el uso sostenible de las aguas subterráneas, su reposición e incremento en cuanto a cantidad y calidad.

La Autoridad Nacional es el ente rector y la máxima autoridad técnico- normativa del Sistema Nacional de Administración de los Recursos Hídricos. Vela por el adecuado cumplimiento y aplicación de la Ley N° 29338 Ley de Recursos Hídricos, por parte de todos los usuarios de este recurso tan importante para la vida, el desarrollo social, económico y ambiental del país. Su función principal es el aprovechamiento multisectorial y sostenible de los recursos hídricos por cuencas hidrográficas, en el marco de la administración integrada de los recursos naturales y de la administración de la calidad ambiental nacional estableciendo alianzas estratégicas con los gobiernos regionales, locales y el conjunto de actores sociales y económicos involucrados.

- **Decreto Supremo N° 031-2010-SA**

El presente Decreto Supremo aprueba el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano, que establece un nuevo marco normativo para la gestión de la calidad del agua para consumo humano, sustentado en una orientación de análisis de riesgo que proporciona instrumentos de gestión y eficaces para conducir la política y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano. La Autoridad de Salud del nivel nacional para la gestión de la calidad del agua para consumo humano, es el Ministerio de Salud, la ejerce a través de la Dirección General de Salud Ambiental; en tanto, que la autoridad a nivel regional son las Direcciones Regionales de Salud o Gerencias Regionales de Salud la que haga sus veces en el ámbito regional, y las Direcciones de Salud.

El presente Reglamento establece las disposiciones generales con relación a la gestión de la calidad del agua para consumo humano, con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población. El presente Reglamento y las normas sanitarias complementarias que dicte el Ministerio de Salud son de obligatorio cumplimiento para toda persona natural o jurídica, pública o privada, dentro del territorio nacional, que tenga responsabilidad de acuerdo a ley o participe o intervenga en cualquiera de las actividades de gestión, administración, operación, mantenimiento, control, supervisión o fiscalización del abastecimiento del agua para consumo humano, desde la fuente hasta su consumo; no se encuentran percibidas en el ámbito de aplicación del presente Reglamento: a) Las aguas minerales naturales reconocidas por la autoridad competente; y b) Las aguas que por sus características físicas y químicas, sean calificadas como productos medicinales (Arias, 2018).

2.3 Definición de Términos Básicos

2.3.1 Conductividad Eléctrica

Es la medida de la capacidad del agua para conducir electricidad. Es indicativo de la materia ionizable total presente en el agua, en término elemental la medida que se aplica a una solución acuosa para determinar su capacidad para transportar la corriente eléctrica, dicha capacidad es detectada por la presencia de iones que interactúan con sus cargas en la disolución, así como también sus concentraciones relativas y absolutas (Apaza, 2018).

2.3.2 Potencial de hidrógeno (pH)

Es una medida de acidez, la cual se define como la capacidad para neutralizar bases, es decir, la capacidad para reaccionar con iones hidroxilo. La determinación de la acidez del agua es importante debido a que algunos fenómenos, como las incrustaciones en las

redes de distribución y la corrosión, son debido al grado de acidez del agua (Rojas, 2018).

2.3.3 Dureza Total

Es la concentración total de iones calcio y magnesio disueltos en el agua. Estos minerales tienen su origen en las formaciones rocosas calcáreas, pueden ser encontrados en las aguas naturales en menor o mayor grado. En algunas zonas del país el agua posee elevados valores de Dureza Total que causan problemas domésticos y afectan de manera desfavorable los procesos industriales (Capote, 2015).

2.3.4 Arsénico

El arsénico es un elemento presente en la corteza terrestre y distribuido en el ambiente a través de procesos naturales y algunas actividades que realiza el ser humano. Existe tanto en forma inorgánica como orgánica. La presencia de arsénico en aguas superficiales y subterráneas proviene de la disolución de minerales, la erosión y desintegración de rocas por deposición atmosférica (Bustinsa, 2018).

2.3.5 Cadmio

Es notorio que las liberaciones de cadmio al ambiente ocurren como resultado de actividades tanto naturales como humanas. La erosión de minerales de cadmio contenidos en rocas es una fuente indicadora de estas liberaciones en las aguas de los ríos y océanos. Para la población en general, las exposiciones del cadmio pueden ocurrir con el consumo de cadmio en alimentos y agua potable. El cadmio no es un elemento esencial para la vida del hombre. Dado el poder bioacumulativo del cadmio, se recomienda que la concentración en el agua tratada sea la menor posible (Espitia, 2019).

2.3.6 Cromo

La presencia de cromo en aguas subterráneas, por fuentes antrópicas, proviene principalmente de industrias químicas, curtiembres, metalúrgica, galvanoplastia. Los Estudios experimentales han demostrado que el movimiento del cromo en el medio ambiente depende principalmente de su estado de oxidación. En condiciones ambientales, sus estados de oxidación más estables y el impacto sobre el ser humano depende de la exposición a altas concentraciones de las especies solubles, que conllevan a problemas de salud como cáncer de pulmón y problemas de la piel, (Ceballos 2016).

2.3.7 Plomo

El plomo que se encuentra en el agua de grifo rara vez procede de la disolución de fuentes naturales, sino que proviene principalmente de las instalaciones domésticas que contienen plomo en las tuberías, las soldaduras, los accesorios o las conexiones de servicio a las casas. La cantidad de plomo que se disuelve de las instalaciones de soldadura depende de varios factores como el pH, la temperatura, la dureza del agua y el tiempo de permanencia del agua en la instalación. El plomo es más soluble en aguas blandas y ácidas (Molina, 2018).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación geográfica

La investigación se realizó en el caserío de Pata Pata, Centro Poblado de Pariamarca, distrito, provincia y departamento de Cajamarca.

El caserío Pata Pata, se encuentra en un relieve bajo, presenta un clima frígido con escasa humedad que varía en las estaciones del año en algunas temporadas como en el mes de agosto soporta fuertes corrientes de viento.

En la tabla 1 se muestran las coordenadas, el código de los puntos de muestreo y los nombres de los propietarios de los predios donde se ubican los pozos tubulares.

Tabla 1

Ubicación de los puntos de muestreo y nombres de propietarios

Punto de muestreo Código	Caserío	Propietario del Predio	Coordenadas		Profundidad del pozo (m)
			Este	Norte	
MP – 1	Pata Pata	Jenner Burgos Leiva	778099	9203218	13
MP – 2	Pata Pata	Marcial Cusquisiban Villa	777917	9203320	11
MP – 3	Pata Pata	Miguel Cachay Santillán	777681	9203457	10

En la siguiente figura 1 se observa la ubicación de los puntos de muestreo en el caserío de PataPata, Centro Poblado de Pariamarca.



Figura 1: *Ubicación de los tres pozos tubulares en el caserío Pata Pata*

Fuente: Google Earth

3.2 Aspectos generales de la zona de estudio

3.2.1 El Clima: En el caserío de Pata Pata, Centro Poblado de Pariamarca, presenta un clima templado moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada, la temperatura máxima es 22,2 °C en el mes de setiembre y la temperatura más baja es 4,9 °C, en el mes de julio, llueve con mayor intensidad en los meses de diciembre a marzo, algunos días el cielo mayormente por las tardes esta nublado, lluvias en algunas tardes y el viento moderado. Según la información de SENAMHI, las perspectivas climáticas para el periodo noviembre 2020 – enero 2021, se esperaban lluvias por dentro de los rangos normales con una probabilidad de ocurrencia de 38%. El segundo escenario más probable es de lluvias por debajo de sus valores normales 35% de probabilidad, el caserío de Pata Pata se encuentra en una altitud de 2853 m.s.n.m (SENAMHI, 2020).

3.2.2 Accesibilidad: El caserío de Pata Pata, Centro Poblado de Paríamarca, se encuentra ubicado en el sector Sur- Este de la ciudad de Cajamarca, a la margen derecha de la carretera al Centro Poblado de Agocucho a una distancia de 6 km aproximadamente.

3.2.3 Hidrografía: Las aguas del río Mashcón margen derecha, inicia el canal de riego El Ingenio que abastece completamente a los caseríos de Pata Pata y Amoshulca con estas aguas, riegan pastos y cultivos de pan llevar. El uso productivo del agua consiste en la utilización con carácter exclusivo de los recursos hídricos, como insumo para el desarrollo de una actividad económica. (Autoridad Nacional del Agua, 2009)

3.2.4 Condiciones edáficas: En el caserío de Pata Pata, es un lugar agrícola donde estos suelos son franco arenosos se encuentran constituido por materia orgánica, producto de la descomposición de vegetales y animales, a la vez están constituidos por sustancias que se encuentran en estado sólido donde proporciona a las plantas soporte y nutrientes que está constituido por materia orgánica, la fase líquido está constituido por el agua que facilita como nutriente a las plantas y la fase gaseoso facilita oxígeno al sistema radicular de las plantas y a la respiración de los microorganismos (Chuquillanqui, 2016).

3.2.5 Geomorfología: El caserío de Pata Pata, presenta una amplia variedad de caracteres geomorfológicos. Una importante característica es su elevada tasa de erosión actual, con predominio de acciones erosivas al escurrimiento del agua en surcos, motivadas tanto por causas naturales como por labores agrícolas en terrenos altamente susceptibles a la erosión.

3.2.6 Condiciones socio-económicas: La actividad agropecuaria es la principal actividad en el caserío Pata Pata, las personas se dedican a criar animales mayores y menores y a producir cultivos para vender en los diferentes mercados zonales y locales.

3.2.7 Ecología: La conservación del medio ambiente en el caserío de Pata Pata y el uso sostenible de los recursos naturales a través del aprovechamiento económico respecto a su potencial y restricciones ambientales.

3.2.8 Organizaciones sociales: Las familias y autoridades del caserío Pata Pata, se agrupan solidariamente para apoyarse en la gestión de actividades, así como en trabajos comunales basadas en valores como la confianza y el respeto mutuo.

3.3 Materiales

3.3.1 Campo

- Multiparámetro, Marca: WTW; Serie: Multi 3430 SET G
- GPS (Marca Garmin)
- Cámara fotográfica digital
- Balde de plástico transparente de 4 litros
- Libreta de apuntes
- Plumón indeleble.
- Guantes descartables
- Mandil
- Soga

3.3.2 Laboratorio

- Probetas volúmenes de 25 mL

- Matracas volumétricos de 250 mL
- Bureta de 25 mL
- Gotero
- Paquete de hielo
- Cooler de tecnopor
- Ácido nítrico

3.3.3 Gabinete

- Laptop
- Impresora
- Papel
- Internet

3.4 Metodología

3.4.1 Recolección de muestras de agua subterráneas:

- El primer muestreo de los tres pozos tubulares de agua subterránea de la zona de estudio, se realizó en el mes de febrero del 2020 que fue en época de lluvia y el segundo muestreo se realizó en el mes de noviembre del mismo año que fue época de estiaje (SENAMHI, 2020).

- Las muestras de agua para los análisis fisicoquímicos; se recolectaron de acuerdo a las técnicas establecidas en el Manual de Buenas Prácticas en la Investigación de Sitios Contaminados Muestreo de Aguas Subterráneas (Becerra, 2016)

- Se estableció una metodología adaptada, para la toma de muestras de aguas subterráneas con el fin de garantizar la representatividad de las mismas. así mismo se determinó el tipo de recipiente y acondicionamiento más conveniente para la toma de muestra del agua subterránea.

- Los parámetros de pH y la Conductividad eléctrica se realizaron in situ, para lo cual se utilizó un Multiparámetro, Marca: WTW; Serie: Multi 3430 SET G, totalmente calibrado para tener resultados precisos

- Se recolectó la muestra de agua subterránea de cada pozo tubular para los análisis bacteriológicos en frascos de vidrio de 250 mL esterilizados protegidos con papel kraft y tapa esmerilado, proporcionados por el laboratorio. y fueron transportados en un cooler de tecnopor con icepack que permitió que las muestras se conserven a temperatura de refrigeración 4 °C, y así fueron conducido a laboratorio acreditado de NKAP.

- En la parte interna del cooler también se colocó la ficha técnica, detallando la información de cada muestra la cual es llenada con letra imprenta legible, sin borrones ni enmendaduras con los siguientes datos:

- Identificación del punto de muestreo
- Procedencia de la muestra: caserío Pata Pata
- Fecha y hora: Tal como se muestra en la tabla 2

Tabla 2

Registro de la toma de muestras de aguas subterráneas de los tres pozos tubulares

ÉPOCA DE LLUVIA - 19/02/2020	
PUNTOS DE MUESTREO	HORA
MP – 1	09:50 a.m.
MP – 2	10:20 a.m.
MP – 3	11:05 a.m.
ÉPOCA DE ESTIAJE - 03/11/2020	
MP – 1	03:20 p.m.
MP – 2	04:20 p.m.
MP – 3	05:00 p.m.

3.4.2 Análisis de laboratorio

3.4.2.1 Parámetros fisicoquímicos

A. Conductividad Eléctrica

Fundamento

El método de medición directa de la Conductividad eléctrica es en micro Siemens/cm. En la práctica se mide la conductividad con electrodos de diferentes tamaños, por lo que hacer la medición en lugar de la conductividad se mide la conductancia la cual se multiplicó con la constante de cada celda en particular esto se transforma en la conductividad S/cm.

La conductividad eléctrica, se define como la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución para conducir la corriente

eléctrica. El agua pura, prácticamente no conduce la corriente, sin embargo, el agua con sales disueltas conduce la corriente eléctrica. Los iones cargados positiva y negativamente son los que conducen la corriente y la cantidad conducida dependerá del número de iones presentes de su movilidad. En la mayoría de las soluciones acuosas, entre mayor sea la cantidad de sales disueltas, mayor será la conductividad, este efecto continúa hasta que la solución está tan llena de iones que se restringe en el movimiento y la conductividad puede disminuir en lugar de aumentar, dándose casos de dos diferentes concentraciones con la misma conductividad (Aguirre, 2009).

Método:

- Se vertió 50 mL, de la muestra en un recipiente seguidamente se introdujo el electrodo del multiparámetro para luego tomar nota del valor.

B. Potencial de hidrogeniones pH

Fundamento:

Con el método potenciómetro solo se determinó si el agua es ácida, neutra o alcalina. Una solución que tenga pH menor que 7 es ácida, la que tenga pH equivalente a 7 es neutra y, si el pH es mayor que 7, la solución es alcalina.

El pH es una forma de expresar la concentración de ión hidrógeno, mas exactamente, la actividad del ión hidrógeno. En general se usa para expresar la intensidad de la condición ácida o alcalina de una

solución sin que esto quiera decir que mida la acidez total o la alcalinidad total, El pH es una medida que indica la acidez del agua. Este término es usado universalmente para referirse a la intensidad de la condición de acidez o alcalinidad de una solución. Esta propiedad se calcula con una expresión logarítmica. En el agua subterránea tiende a ser balanceado, pues en ella es difícil encontrar minerales libres. Se mide en una escala de 0 a 14, donde 7 es el límite de neutralidad. Valores de pH menores de 7 se consideran ácidos y mayores de 7 alcalinos (Quispe, 2012).

Método:

- Se vertió 50 mL de la muestra en un recipiente, seguidamente se introdujo el electrodo del multiparámetro, finalmente los datos se registraron en la pantalla del equipo.

C. Dureza total

Fundamento:

El método volumétrico con EDTA para determinar calcio y magnesio se utiliza soluciones de ácido etilen diamino tetracético, forma un complejo quelado soluble cuando se adicionan a una solución de ciertos cationes metálicos los cuales forman iones complejos solubles con calcio y magnesio. Los indicadores utilizados son el colorante negro ericromo T que indica cuando todos los iones de calcio y magnesio han formado complejos con EDTA a pH 10; entonces la solución toma un color vino rojo. En este caso al

adicionar EDTA como titulante los iones de calcio y magnesio serán complejados paulatinamente hasta que la solución adquiere un color azul, lo que indicará el final de la titulación.

Dureza Total, se refiere a la concentración total de iones calcio y magnesio. También, se emplea el término Dureza Temporal para indicar la concentración de calcio y magnesio disueltos que precipitan en forma de carbonatos; lo cual ocurre cuando, por efecto del calentamiento del agua a ebullición, se desplaza el equilibrio y se favorece la conversión del hidrogeno carbonato, HCO_3^- , en carbonato, CO_3^{-2} . La concentración de iones calcio y magnesio que permanecen en solución luego de someterse a ebullición el agua es denominada Dureza Permanente. Los iones de alcalinotérreos presentes en el agua son producidos cuando ácidos disueltos en el agua entran en contacto con rocas calizas (Tarcisio, 2015).

Método:

- Se insertó un tubo limpio en el cartucho de titulación.
- Se hizo girar la perilla de descarga para expulsar algunas gotas al titulador.
- Seguidamente se utilizó una probeta para medir el volumen de la muestra.
- Transfiriendo la muestra al frasco de Erlenmeyer limpio de 250 ml.

- Luego se agregó 0.5 ml de buffer mientras se tituló con EDTA desde rosa a azul, luego se registró el número de dígitos requeridos.

D. Metales pesados

ICP-MS

Fundamento:

Las muestras son introducidas mediante una bomba peristáltica, después de absorbida la muestra, es inyectada por medio de un nebulizador en la cámara de nebulización. El nebulizador, alimentado con la muestra en forma de solución, produce pequeñas gotas (spray) que son impelidas por gas argón a una presión adecuada. El plasma al ser una fuente de alta temperatura, provee suficiente energía a los átomos como para producir transiciones electrónicas, así como la ionización de los mismos (iones), debido al desprendimiento de electrones. Para un elemento en particular dicha ionización depende del potencial de ionización del mismo. Esto se ve reflejado en las diferentes sensibilidades para cada elemento. Una vez producida la ionización los iones ingresan en una celda de colisión, lo que permite separar las interferencias poliatómicas. Luego los iones libres de interferencias poliatómicas son separados en el espectrómetro de masas por su relación masa/carga (m/z). Por último, ya separados son detectados por un electromultiplicador.

Método:

- Sala ICP-MS.
- Antesala: aquí se produce el intercambio de ropa y calzado de trabajo.
- Sala de Climatización y purificación de aire.
- Destilador de ácidos. Destilador de agua.
- Pipetas aforadas certificadas.
- Matraces aforados certificados.
- Micropipeta automática calibrada.
- Los datos son reportados en mg/L a través de la lectura directa del equipo ICP-MS

El ICP-MS, se basa en el acoplamiento de un método para generar iones plasma acoplado inductivamente y un método para separar y detectar los iones espectrómetro de masas, hace referencia a la técnica de espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo. Esta es una variante de las técnicas de análisis por espectrometría de masas. Esta técnica está establecida de manera estándar en laboratorios, para analizar: aguas, suelos, alimentos, muestras clínicas, entre otras. Esta técnica, denominada espectrometría de masas con fuente de plasma ICP-MS, posee una alta sensibilidad y rapidez en el análisis multielemental, lo cual

posibilita la capacidad de cuantificar las concentraciones de un rango mínimo de 5 órdenes de magnitud, es decir desde unos limitados ppt a cantidades mayores de ppm. Permitiendo así, analizar más elementos a un menor número de muestra y en menor tiempo (Díaz, 2017).

3.4.2.2 Parámetros bacteriológicos

A. Determinación de Coliformes totales

Fundamento:

- Se basa en la determinación de microorganismos coliformes totales por el método del Número más probable. En la capacidad de este grupo microbiano de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas al incubarlos a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 48 h, utilizando un medio de cultivo que contenga sales biliares (Camacho, 2009).

Método

- Se agitó suavemente los tubos para su homogeneización.
- Se incubó a $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 24 a 48 horas.
- Después de un período de incubación de 24 a 48 horas se observa turbidez en los tubos registrados.
- Se consultó la tabla de NMP para conocer el número más probable de organismos coliformes totales/100 mL.

B. Determinación de Coliformes termotolerantes

- Transfirió los tubos positivos obtenidos durante la prueba presuntiva

a tubos con caldo triptona.
- Se agitó suavemente los tubos para su homogeneización.
- Se incubó a $44,5 \pm 0,1^\circ\text{C}$ en incubadora durante 24 a 48 horas.
- Se registró como positivos todos los tubos donde se observó crecimiento y producción en un período de incubación de 24 a 48 horas.
- Se consultó la tabla de NMP para conocer el número más probable de organismos coliformes termotolerantes/ 100 mL

3.5 Diseño experimental

El diseño de la investigación fue de tipo descriptivo transversal, ya que buscó describir la calidad fisicoquímica y bacteriológica de las aguas subterránea utilizada para consumo humano de los pobladores del caserío Pata Pata, Centro poblado Paríamarca.

3.5.1 Muestra:

Muestra punto 1: 2 litros de agua subterránea del pozo N° 1, el cual está ubicado en el predio del señor Jenner Bringas Leiva (ver figura 12 del apéndice).

Muestra punto 2: 2 litros de agua subterránea del pozo N° 2, el cual está ubicado en el predio del señor Marcial Cusquisiban Villa (ver figura 14 del apéndice).

Muestra punto 3: 2 litros de agua subterránea del pozo N° 3, el cual está ubicado en el predio del señor Miguel Cachay Santillán (ver figura 16 del apéndice).

3.5.2 Contrastación de resultados:

Luego los resultados obtenidos de todos los parámetros físicoquímico y bacteriológicos evaluados, se compararon con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano aprobado en el D.S. N° 031-2010-SA.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos analizados en las aguas subterráneas en los tres pozos tubulares del caserío Pata Pata.

La Conductividad Eléctrica de las tres muestras de aguas subterráneas en época de lluvia y estiaje, se observa en la siguiente figura 2.

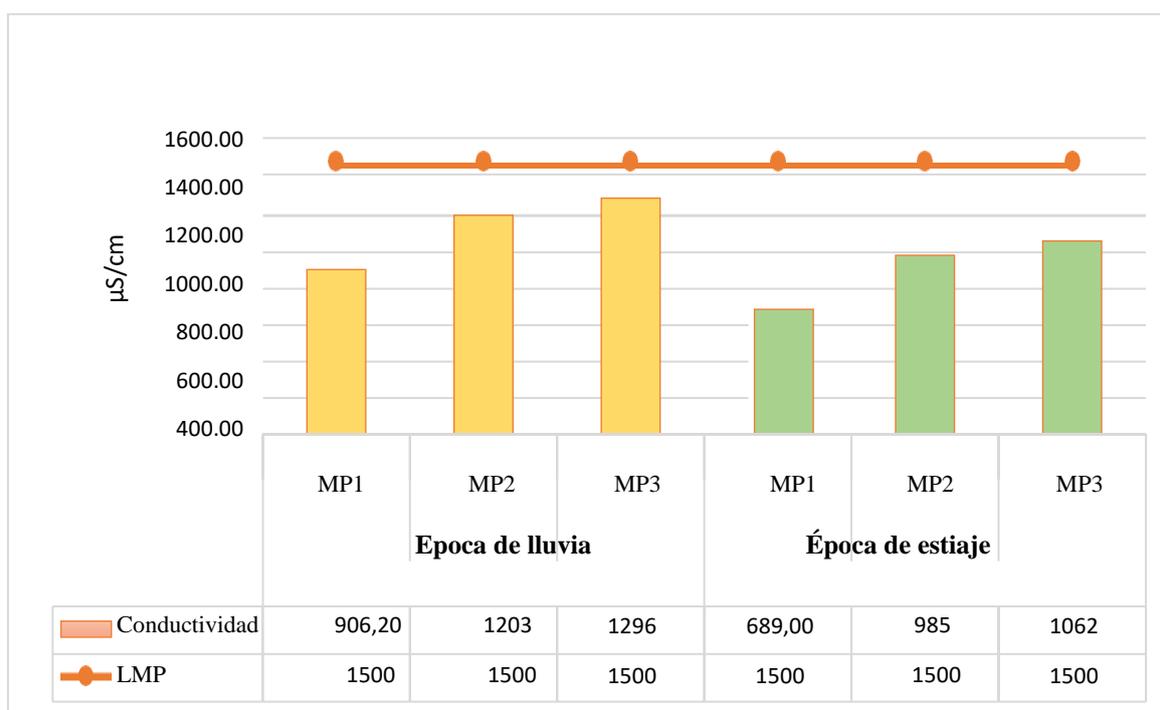


Figura 2. Conductividad eléctrica en las muestras de aguas subterráneas MP-1, MP-2 y MP-3 en las épocas de lluvia y estiaje.

En la figura 2, se observa, que el agua subterránea en época de lluvia de la MP - 3, el análisis de la conductividad eléctrica presentó un valor de 1296 $\mu\text{S/cm}$ y en época de estiaje fue de 1062 $\mu\text{S/cm}$. Estos valores de conductividad no superan los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA. También se observó que la conductividad baja ligeramente en la época de estiaje, esto puede ser debido a que no hay

infiltración de las aguas, por la falta de lluvia. La profundidad es otro factor que puede influenciar en el aumento o disminución de la conductividad; mientras el pozo está más profundo, la superficie contaminará menos con materiales solubles por lo tanto hay menos conductividad. En ese contexto la profundidad de los pozos estudiados varían de 10 a 13 metros. Por esa razón los resultados obtenidos se encuentran debajo del LMP establecido. La calidad de las aguas subterráneas depende principalmente de los parámetros químicos como el pH, la conductividad eléctrica. Así mismo, la conductividad es una expresión numérica de su habilidad de transportar corriente eléctrica, depende de la presencia de iones y de su concentración total, valencia y la temperatura (APHA,2017).

Es importante resaltar que la normativa ambiental peruana todavía no está establecido los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua subterránea y como la población del caserío Pata Pata utiliza agua de los pozos tubulares para consumo humano se tomó como referencia contrastar los resultados de los parámetros evaluados con los LMP de D.S. 031-2010-SA. Esta misma acción lo han realizado otros autores que han evaluado la calidad de las aguas subterráneas en Perú (Torres, 2014).

Resultados de pH de las tres muestras de aguas subterráneas en época de lluvia y estiaje, se muestran en la figura 3

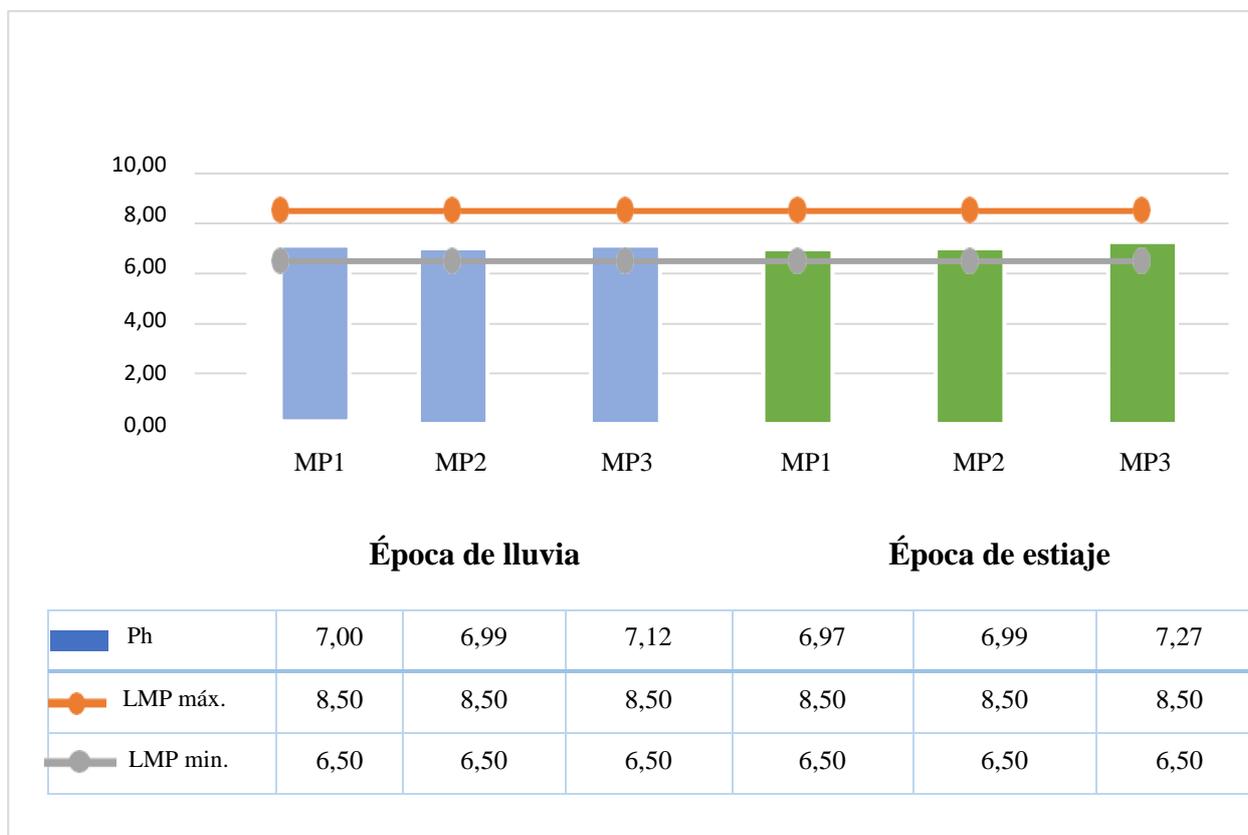


Figura 3. El pH en las muestras de aguas subterráneas de las MP-1, MP-2 y MP-3 en las épocas de lluvia y estiaje.

La medida del pH es una de las pruebas más importantes y frecuentes utilizadas en el análisis químico del agua. (APHA, 2017). En la figura 3, se observa, que en época de lluvia el agua subterránea en la MP-3, el pH presentó un valor de 7,12 y en época de estiaje fue 7,27. El D.S. N° 031-2010-SA, establece un rango de pH entre 6,5 y 8,5, en los resultados obtenidos las aguas subterráneas se presentan ligeramente alcalinas en lluvia y estiaje y ligeramente ácidas la MP-2 y MP-1. Todos los resultados de pH de los tres pozos tubulares se encuentran dentro del rango de los LMP de la norma peruana. Los resultados de pH son similares a los obtenidos por (Calsin, 2016).

A continuación en la figura 4, se observa los resultados de la Dureza Total de las tres muestras de aguas subterráneas en época de lluvia y estiaje.

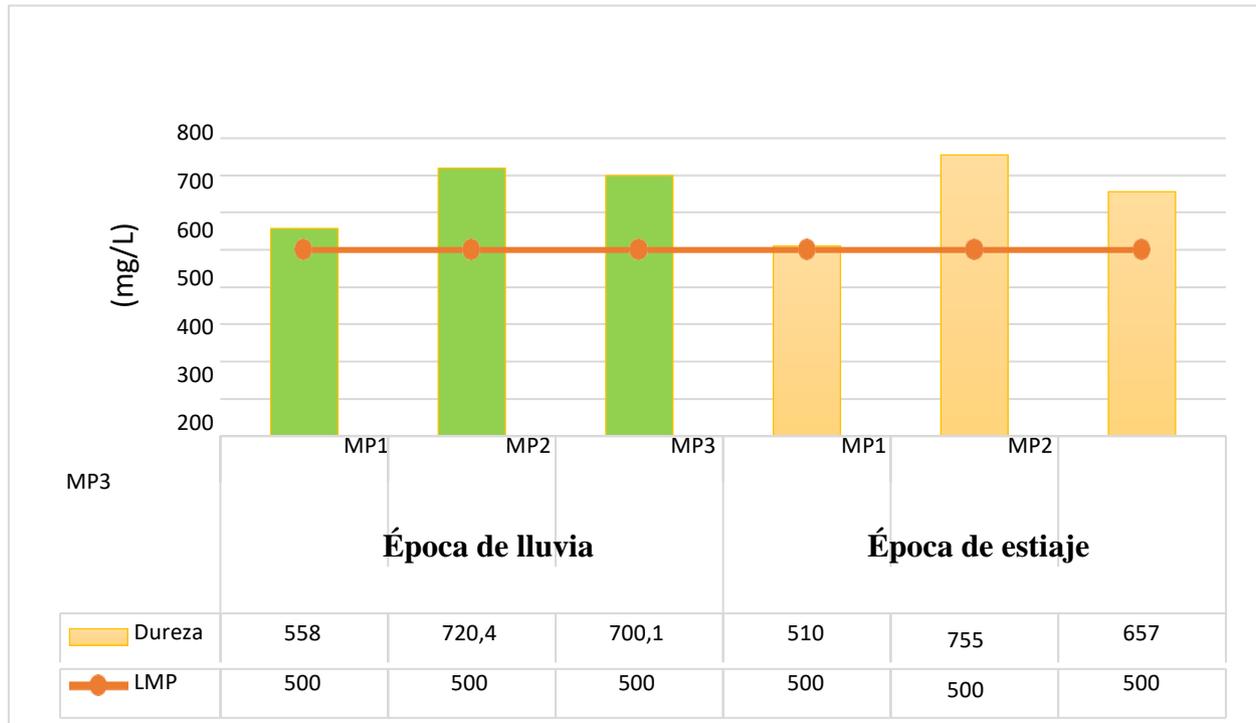


Figura 4. Valores de la Dureza total en las muestras MP-1, MP-2 y MP-3 en las épocas de lluvia y estiaje.

En la figura 4, se observa que en época de lluvia las aguas subterráneas en la MP-2, presento un valor de 720,4 mg/L, en estiaje fue de 755 mg/L. Se indica que las aguas subterráneas de los tres pozos muestreados no son aptas para el consumo humano por que excedieron los Límites Máximos Permisibles según el D.S. N° 031- 2010-SA. La dureza, actualmente está dada por la suma de las concentraciones de los iones calcio y magnesio; una alta concentración de la Dureza total en las aguas de consumo humano puede contribuir al desarrollo de la enfermedad Litiasis Urinaria, Cáncer Gástrico, Cardio Vasculares (Flores, 2016).

Tabla 3

Resultados de la concentración del Arsénico, Plomo y Selenio de las aguas subterráneas de las tres muestras de aguas subterráneas en época de lluvia y estiaje.

Metal pesado (mg/L)	Época de lluvia			Época de estiaje		
	MP - 1	MP - 2	MP - 3	MP - 1	MP - 2	MP - 3
Arsénico	0,005	0,005	0,005	0,00028	0,00026	0,00037
Plomo	0,002	0,002	0,002	0,0005	0,0002	0,0001
Selenio	0,005	0,005	0,005	0,0011	0,0002	0,0002
LMP As, Pb y Se	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010

En la tabla 3, se observa la concentración del Arsénico en época de lluvia, las aguas subterráneas presentó en la MP-1 un valor de 0,005 mg/L, en estiaje la MP-3, fue de 0,0037 mg/L. Se indica que los resultados obtenidos no superan los LMP del D.S. N° 031-2010-SA. El arsénico es un elemento extremadamente tóxico para el organismo humano. Y no solo en concentraciones altas, donde la exposición causa efectos agudos que pueden llegar a ser letales. El arsénico en las aguas subterráneas (acuíferos) son susceptibles de ser utilizadas para consumo, donde constituye una gran amenaza para la salud humana (Alarcón, 2013). El arsénico puede encontrarse en el agua como resultado de una disolución de minerales, descargas industriales o aplicación de insecticidas. (APHA, 2017). El plomo en época de lluvia las aguas subterráneas en la MP-1, tuvo un valor de 0,002 mg/L, en estiaje fue de 0,0005 mg/L. Cuyos resultados obtenidos no superan los LMP del D.S. N° 031-2010-SA. Se determinó las condiciones para la mayor adsorción de plomo en aguas subterráneas del centro poblado Los Positos, distrito de Mórrope. La O.M.S. menciona que el plomo es uno de los metales pesados muy tóxicos que se encuentra en la corteza terrestre de forma natural, además que las tuberías de plomo que canalizan el agua potable puede arrastrar partículas de este material que una vez acumulado en el cuerpo humano se concentra en los riñones, hígado, cerebro, huesos y

dientes; los más vulnerables por este metal son los niños (Fustamante, 2020). El Selenio en época de lluvia las aguas subterráneas en el MP-1 tuvo un de 0,005 mg/L, en estiaje fue de 0,0011 mg/L. Los valores de los tres metales no superan los LMP del D.S. N° 031-2010-SA.

Tabla 4

Resultados de la concentración del Cadmio y Mercurio de las tres muestras de aguas subterráneas en época de lluvia y estiaje.

Metal pesado (mg/L)	Época de lluvia			Época de estiaje		
	MP - 1	MP - 2	MP - 3	MP - 1	MP - 2	MP - 3
Cadmio	0,0001	0,0001	0,0001	0,00003	0,00002	0,00002
Mercurio	0,001	0,001	0,001	0,00036	0,00032	0,0004
LMP Cadmio	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
LMP Mercurio	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

En la tabla 4, se observa el Cadmio en época de lluvia las aguas subterráneas en la MP-1, presentó un valor de 0,0001 mg/L, en estiaje fue de 0,00003 mg/L. Los resultados obtenidos no superan los LMP del D.S. N° 031-2010-SA. Los efectos agudos y crónicos causados por la intoxicación del cadmio en los seres humanos, son aquellos que provocan daños pulmonares y renales principalmente, ya que ahí se acumula este elemento químico. No obstante, causa también irritaciones graves del estómago, diarreas, vómitos y otros. Todos estos efectos se deben a la exposición del ser humano al cadmio presentes en los alimentos y sobre todo en el aire y agua. (Machuca, 2019). El Mercurio en época de lluvia las aguas subterráneas en la MP-1, presentó un valor de 0,001 mg/L, en estiaje fue de 0,00036 mg/L. Las concentraciones de mercurio en aguas superficiales son debido al comportamiento aleatorio de este metal, algunas veces no es claro si las altas concentraciones de mercurio, encontradas en un determinado ecosistema, son por causas naturales o por factores antropogénicos industriales (APHA, 2017). Los resultados no superan los LMP, establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA.

Tabla 5

Resultados de la concentración del Antimonio, Cromo, Molibdeno y Níquel de las tres muestras de aguas subterráneas en época de lluvia y estiaje.

Metal Pesado (mg/L)	Época de lluvia			Época de estiaje		
	MP - 1	MP - 2	MP - 3	MP - 1	MP - 2	MP - 3
Antimonio	0,003	0,003	0,003	0,0004	0,0003	0,0002
Cromo	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002
Molibdeno	0,002	0,002	0,002	0,0003	0,0003	0,0023
Níquel	0,0006	0,0006	0,0006	0,0003	0,0002	0,0004
LMP Antimonio y Níquel	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
LMP Cromo	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
LMP Molibdeno	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070

En la tabla 5, se observa que el Antimonio en las aguas subterráneas en época de lluvia en la MP-1, tuvo un valor de 0,003mg/L, en estiaje es de 0,0004 mg/L. El Antimonio se encuentra en cantidades traza en aguas naturales y puede presentarse en mayores concentraciones en manantiales termales o en aguas que drenan zonas mineralizadas. (APHA, 2017). También se observa que el Cromo en época de lluvia en la MP - 1 tuvo una concentración de 0,0003 mg/L, en estiaje fue de 0,0002 mg/L. No superan los LMP del D.S. N° 031-2010-SA. Este elemento no se encuentra presente en las aguas subterráneas, pero puede presentarse en aguas expuestas a contaminación por fuentes industriales (Molina, 2018). En época de lluvia el Molibdeno en las aguas subterráneas en la MP-1, tuvo un valor de 0,002 mg/L, en época de estiaje en la MP-3, fue de 0,0023 mg/L. Se encuentra en aguas que drenan en áreas mineralizadas o en aguas residuales de procesos en los que se emplea Molibdeno, las concentraciones pueden ser mucho más elevadas. (APHA, 2017). El Níquel en época de lluvia en las aguas subterráneas en la MP-1, tuvo una concentración de 0,0006 mg/L, estiaje en la MP-3, fue de 0,0004 mg/L (APHA, 2017). Los valores de los tres metales no superan los LMP según el D.S. N° 031-2010-SA.

Tabla 6

Resultados de la concentración del Aluminio, Bario y Hierro de las tres muestras de aguas subterráneas en época de lluvia y estiaje.

Metal pesado (mg/L)	Época de lluvia			Época de estiaje		
	MP - 1	MP - 2	MP - 3	MP - 1	MP - 2	MP - 3
Aluminio	0,030	0,030	0,060	0,037	0,011	0,009
Bario	0,059	0,172	0,365	0,0556	0,116	0,286
Hierro	0,094	0,021	0,035	0,048	0,018	0,012
LMP Aluminio	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
LMP Bario	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700
LMP Hierro	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300

En la tabla 6, se muestra el Aluminio en las aguas subterráneas en época de lluvia en la MP-3, el valor fue de 0.060 mg/L, en época de estiaje en la MP-1, fue de 0,037 mg/L. Generalmente los metales se disuelven en el agua de acuerdo con la geología en la cual tienen contacto. El Bario en las aguas subterráneas en época de lluvia en la MP-3, presentó un valor de 0,356 mg/L, en estiaje fue de 0,286 mg/L. Una mayor concentración de boro puede estar presente en las aguas subterráneas como resultado de la lixiviación de rocas y suelos que contienen compuestos de boro. (APHA, 2017). Del mismo modo, se observa el Hierro en las aguas subterráneas en época de lluvia en la MP-1, tuvo un valor de 0,094 mg/L, en estiaje fue de 0,048 mg/L. Las aguas subterráneas por estar fuera del contacto con el aire, se encuentran en un medio natural fuertemente reductor podrán tener en solución cantidades notables de hierro ferroso. Al igual que el Aluminio son metales que se disuelven cuando está en contacto con el agua. Los valores de estos metales pesados no superan los LMP, establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA.

Tabla 7

Resultados de la concentración del boro, cobre y zinc de las tres muestras de aguas subterráneas en época de lluvia y estiaje.

Metal pesado (mg/L)	Época de lluvia			Época de estiaje		
	MP - 1	MP - 2	MP - 3	MP - 1	MP - 2	MP - 3
Boro	0,057	0,036	0,054	0,044	0,039	0,055
Cobre	0,0002	0,0002	0,0002	0,0042	0,0015	0,0044
Zinc	0,015	0,008	0,002	0,013	0,015	0,004
LMP Boro	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
LMP Cobre	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
LMP Zinc	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000

En la tabla 7, se observa el Boro en las aguas subterráneas en época de lluvia en la MP-1, presentó un valor de 0,057 mg/L, en estiaje en la MP-3, fue de 0.055 mg/L. El boro puede aparecer naturalmente en algunas aguas, o pasar a los cursos de agua procedente de compuestos para limpieza o aguas residuales industriales. (APHA, 2017). La concentración del Cobre en las aguas subterráneas en época de lluvia en la MP-1, presentó un valor de 0,0002 mg/L, en estiaje en la MP-3, fue de 0,0044 mg/L. Este metal se presenta muy raramente en las aguas dulces, el exceso de cobre causa daño al hígado y al sistema nervioso. (APHA, 2017). El Zinc en las aguas subterráneas en época de lluvia en la MP-1, tuvo un valor de 0,015 mg/L, en estiaje en la MP-2, fue de 0,015 mg/L. La forma más común de la introducción del zinc en el suministro doméstico de agua es por deterioro del hierro galvanizado y deszincado del latón (APHA, 2017). Las concentraciones no superan los los LMP establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA.

Tabla 8

Resultados de la concnetración del Sodio de las tres muestras de aguas subterráneas en época de lluvia y estiaje.

Metal pesado (mg/L)	Época de lluvia			Época de estiaje		
	MP - 1	MP - 2	MP - 3	MP - 1	MP - 2	MP - 3
Sodio	13,8	24,6	31,1	13,6	24,1	27,4
LMP	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0

En la tabla 8, se observa el Sodio en las aguas subterráneas en época de lluvia en la MP-3, presentó un valor de 31,1 mg/L, en estiaje fue de 27,4 mg/L. El Sodio en las aguas profundas presentan una concentración iónica rica en sodio y bicarbonatos. Las aguas con altas concentraciones de Sodio reducen la permeabilidad del suelo, lo que genera problemas en las plantas, su presencia también esta determinada a la presencia de cloruro. (APHA, 2017). El resultado obtenido no supera los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N° 031-2010- SA.

En la figura 5, se observa los resultados de los Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes de las tres muestras de aguas subterráneas en época de lluvia y estiaje.

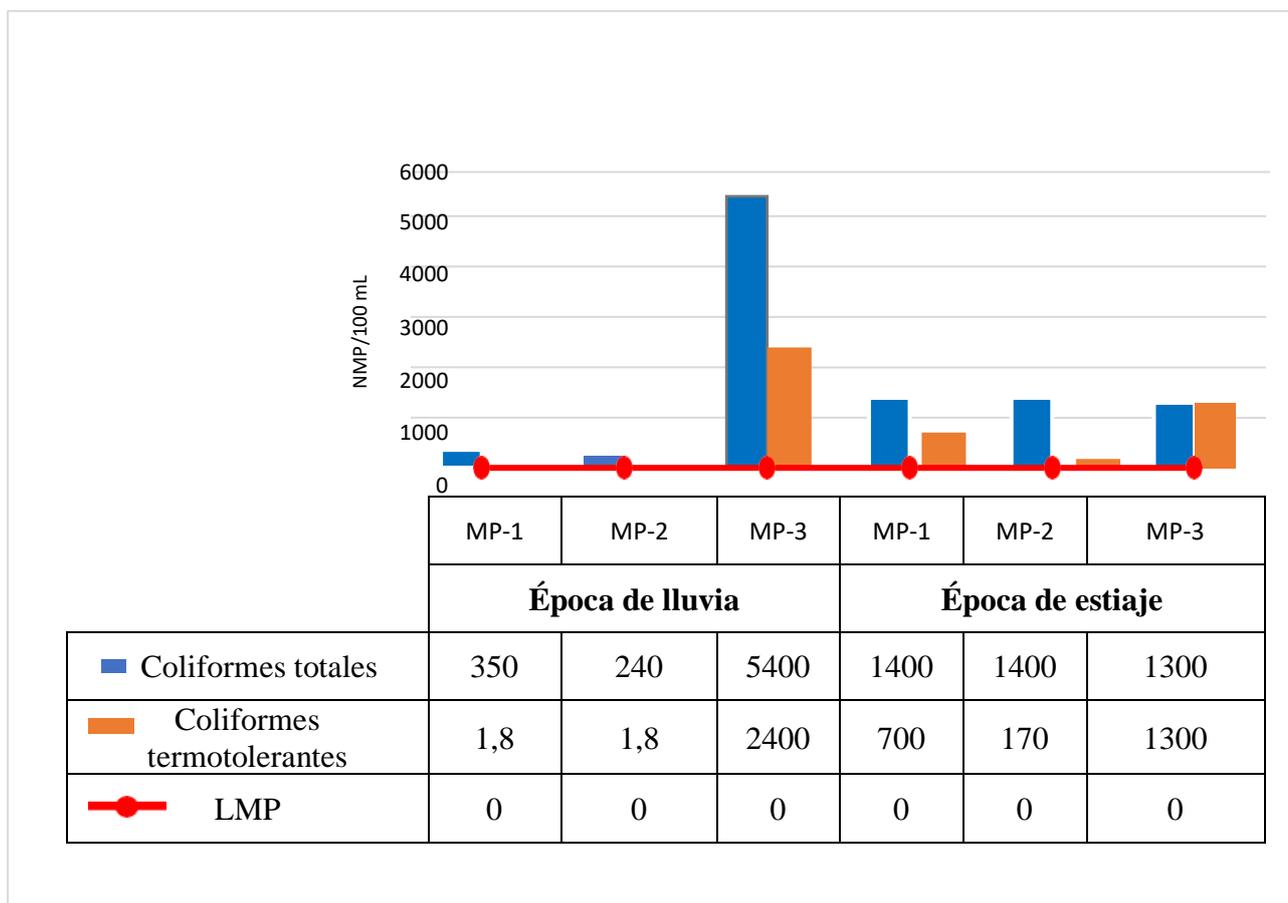


Figura 5. Concentraciones de los Coliformes totales y Coliforme termotolerantes de las aguas subterráneas en las muestras MP-1, MP-2 y MP-3 en las épocas de lluvia y estiaje.

La concentración del grupo de los Coliformes Totales, es un indicador del grado de contaminación, de la calidad sanitaria. Tanto el significado de las pruebas como su interpretación están bien precisados y se han utilizado como patrones de comparación de la calidad bacteriológica de los suministros de aguas subterráneas. (APHA, 2017). Se observa en la figura 5, los Coliformes totales en las aguas subterráneas en época de lluvia en la MP-3, presentó un valor de 5400 NMP/100 mL, en época estiaje tuvo un valor de 1400 NMP/100 mL.

Del mismo modo que el estudio hecho por (Arévalo, 2019), estas concentraciones superan los Límites Máximos Permisibles según el D.S. N° 031-2010-SA. En los Coliformes termotolerantes en las aguas subterráneas en época de lluvia en la MP - 3, tuvo un valor de 2400 NMP/100 mL y en época de estiaje fue de 1300 NMP/100 mL. Estas concentraciones superan los Límites Máximos Permisibles según el D.S. N° 031-2010-SA. Según el estudio realizado sobre Diagnóstico de la calidad sanitaria del Agua de Pozo el total de muestras presentaron contaminación microbiana. El 21.7% tuvieron ≥ 200 UFC mL⁻¹ para BMA y el 50,9% y 39,6% contaminación por CT y CF; el 8,5% de las muestras tuvieron presencia de *E. coli*; el patógeno *Salmonella spp.*, estuvo ausente (Anduro, 2017). La prueba para Coliformes Termotolerantes permite diferenciar entre los coliformes de origen fecal intestino de los animales de sangre caliente y los procedentes de otras fuentes. (APHA, 2017). El valor de Coliformes Totales y los Coliformes Termotolerantes presentan una alta concentración en la MP-3 en época de lluvia, esto es debido que los pozos tubulares de aguas subterráneas no son muy profundos, se detectó la presencia de estas bacterias en todos los pozos y en los meses en que se realizaron los muestreos, es imprescindible la calidad de las aguas subterráneas, está relacionada directamente con la presencia de contaminantes sin embargo, este grupo de bacterias son indicadores de patógenos el cual, es una respuesta de acción antropogénicas a través de contaminación fecal de personas y animales (Castillo, 2021). Se indica que los tres pozos tubulares muestreados excedieron los Límites Máximos Permisibles según el D.S. N° 031- 2010-SA. Por lo tanto, las aguas subterráneas de los tres pozos tubulares no son apta para el consumo humano.

Método de comparación de medias

Tabla 9

Comparación de medias de los parámetros fisicoquímicos en la época de lluvia y estiaje en el punto MP – 1

PARÁMETRO	LMP	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN %
pH	6,50 8,50	6,985	0,021	0,30
Conductividad eléctrica	1500,00	797,60	153,584	19,26
Dureza	500,00	534,00	33,941	6,36
Aluminio	0,20	0,03350	0,00495	14,78
Boro	1,50	0,05065	0,00898	17,73
Bario	0,70	0,05730	0,00240	4,20
Sodio	200,00	13,66	0,12374	0,91
Zinc	3,00	0,01391	0,00155	11,14

En la tabla 9, se aprecia, el coeficiente de variación de algunos parámetros físicoquímicos en la época de lluvia y estiaje en el punto MP – 1. Respecto a la Conductividad eléctrica presentó un Coeficiente de Variación de 19,26 % lo cual permite comparar las dispersiones de las distribuciones de datos, y en este parámetro se observa mayor dispersión y por lo tanto mayor heterogeneidad de los valores de la variable estudiada.

Y el menor coeficiente de variación se presenta en el pH con 0,30 %, es decir que teniendo en cuenta que el CV está en el rango de 0 a 1, en este caso, el coeficiente está más próximo al 0, lo que significa que existe poca variabilidad en los datos y es una muestra muy compacta.

Tabla 10

Comparación de medias de los parámetros fisicoquímicos en la época de lluvia y estiaje en el punto MP – 2

PARÁMETRO	LMP	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN
Conductividad	1500,00	1094,0	154,15	14,09
Dureza	500,00	737,70	24,47	3,32
Boro	1,50	0,03750	0,00212	5,66
Hierro	0,30	0,01938	0,00229	11,82
Sodio	200,00	24,36100	0,30971	1,27

En la tabla 10, se aprecia, el coeficiente de variación de algunos parámetros fisicoquímicos en la época de lluvia y estiaje en el punto MP – 2, la Conductividad eléctrica presentó un Coeficiente de Variación de 14,09 % y en este parámetro se observa mayor dispersión y por lo tanto mayor heterogeneidad de los valores de la variable

Y el menor coeficiente de variación se presenta en la dureza con 3,32 %, es decir que teniendo en cuenta que el CV está en el rango de 0 a 1, en este caso, el coeficiente está sobre 1, lo que significa que existe variabilidad en los datos y es una muestra no muy compacta.

Tabla 11

Comparación de medias de los parámetros fisicoquímicos en la época de lluvia y estiaje en el punto MP – 3

PARÁMETRO	LMP	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN
pH	6,50 8,50	7,195	0,1061	1,47
Conductividad	1500,00	1179,00	165,46	14,03
Dureza	500,00	678,55	30,48	4,49
Boro	1,50	0,0547	0,0009	1,68
Bario	0,70	0,3259	0,0553	16,98
Molibdeno	0,07	0,0021	0,0002	8,94
Sodio	200,00	29,25	2,6396	9,02

En la tabla 11, se aprecia, el coeficiente de variación de algunos parámetros fisicoquímicos en la época de lluvia y estiaje en el punto MP – 2, el Bario presentó un Coeficiente de Variación de 16,98 % y en este parámetro se observa mayor dispersión y por lo tanto mayor heterogeneidad de los valores de la variable

Y el menor coeficiente de variación se presenta en el pH con 1,47 %, es decir que teniendo en cuenta que el CV está en el rango de 0 a 1, en este caso, el coeficiente está ligeramente sobre 1, lo que significa que existe ligera variabilidad en los datos y es una muestra no muy compacta.

En los otros parámetros evaluados, depende de la desviación estándar y en mayor medida de la media aritmética, dado que cuando ésta es 0 o muy próxima a este valor el CV pierde significado, ya que puede dar valores muy grandes, que no necesariamente implican una gran dispersión de datos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

5.1. Conclusiones

- Los parámetros físicoquímicos y microbiológicos del agua subterránea, de los pozos de agua MP-1, MP-2 y MP-3 utilizada para el consumo humano, en el caserío Pata Pata, Centro Poblado de Pariamarca de Cajamarca determinaron su mala calidad y que no es apta para el consumo humano.
- La Conductividad eléctrica en la MP-3 presentó 1296 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 1062 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en las épocas de lluvia y estiaje respectivamente. Ninguno de estos valores superan los Límites Máximos Permisibles según el D.S. N° 031-2010-SA.
- En cuanto al pH en la MP-3, presentó valores de 7,12 y 7,27, en época de lluvia y estiaje, siendo estas aguas subterráneas ligeramente alcalinas, se encuentran en el rango de los Límites Máximos Permisibles según el D.S. N° 031-2010- S.A.
- Sobre la Dureza total en época de lluvia en la MP-2, presentó 720,4 mg/L y en estiaje fue de 755 mg/L. Estos valores de las aguas subterráneas de los tres pozos tubulares muestreados excedieron los Límites Máximos Permisibles, según el D.S. N° 031- 2010-SA.
- En cuanto a los metales pesados el Arsénico en época de lluvia, en la MP-1, presentó un valor de 0,005 mg/L, en estiaje en la MP-3, fue de 0,00037 mg/L. Los resultados no superan los LMP del D.S. N° 031-2010-SA.

- El Plomo en época de lluvia, en la MP-1, presentó un valor de 0,002 mg/L, en estiaje fue de 0,0005 mg/L. Los valores no superan los LMP, según el D.S. N° 031-2010-SA.
- Sobre el Cadmio en época de lluvia en la MP-1, presentó un valor de 0,0001 mg/L, y en estiaje fue de 0.00003 mg/L. Estos resultados obtenidos no superan los LMP del D.S. N° 031-2010-SA.
- Sobre el Cromo en época de lluvia, en la MP-1, presentó un valor de 0,0003 mg/L, en estiaje fue de 0,0002 mg/L, estos valores no superan los LMP del D.S. N° 031-2010-SA.
- Los Coliformes totales en época de lluvia en la MP-3, presentó un valor de 5400 NMP/100 mL, en estiaje en la MP-1, fue de 1400 NMP/100 mL. Se precisa que las aguas subterráneas de los tres pozos tubulares muestreados excedieron los Límites Máximos Permisibles, según el D.S. N° 031- 2010-SA.
- Los Coliformes termotolerantes en época de lluvia en la MP-3, presentó 2400 NMP/100 mL, en estiaje fue de 1300 NMP/100 mL. Estas concentraciones sobrepasan los Límites Máximos Permisibles, según D.S. N° 031-2010-SA. Por lo tanto, las aguas subterráneas de los tres pozos tubulares no son aptas para el consumo humano.

5.2 Recomendaciones

- Establecer un plan de capacitación a los usuarios y grupos vulnerables con relación a los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas subterráneas que permitan controlar, prevenir y mitigar la afectación a la calidad de las aguas y aquellos efectos adversos de su contaminación.
- Procurar implementar proyectos de investigación para determinar las fuentes de contaminantes orgánicos, para disminuir los riesgos evitando las enfermedades por agentes contaminantes.
- Tener en cuenta el marco legal, la autorización para la apertura y aprovechamiento de las aguas subterráneas dado por la Autoridad Nacional del Agua, a su vez, las distancias que debe hacer de pozo a pozo para no afectar el acuífero.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alarcón, M. (2013). Arsénico en agua. En *Centro de Investigación en Materiales Avanzados*. Chihuahua, México.

Alcivar, J. (2017). Evaluación Físico-Química y Microbiológica de la Calidad del Agua de los pozos, ubicados en el Sector de la Parroquia La Rule, Cantón Balzar- Provincia Del Guayas, Marzo-Abril 2017. (*Titulación de Químico y Farmaceutico*). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Anduro, J. (2017). Diagnóstico de la calidad sanitaria del Agua de Pozo en Comunidades del Sur de Sonora, México. *Revista de Salud Pública y Nutrición*, 16 (1).

Aguirre, A. (2009). El Manejo de la Conductividad Eléctrica en fertirriego. (*Especialización en Química Aplicada*). Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo, México.

Apaza, A. (2018). “Determinación de la calidad Físico química Microbiológica del agua paraconsumo humano de pozos tubulares de la Urbanización Satélite de la ciudad de Juliaca”. (*Tesis de Grado*). Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez", Juliaca.

APHA, AWWA, WEF (2017). Standard Methods for examination of water and wastewater.

American Public Health Association 22nd ed. Washington.

Arévalo, C. (2016). Evaluación de la Calidad del Agua subterránea en el AA. HH Antonio Maya de Brito, distrito de Calleria, provincia de Coronel Portillo, departamento

- de Ucayali - 2015. (*Tesis de grado*). Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa.
- Arévalo, E. (2019). “Optimización de un Sistema de Abastecimiento para aguas subterráneas destinadas al uso poblacional, en función de la evaluación fisicoquímica y microbiológica en el distrito de la Banda de Shilcayo en el año 2019”. (*Tesis de grado*). Universidad Peruana Unión, Tarapoto.
- Arias, J. (2018). Caracterización Fisicoquímica y Bacteriológica, del Agua de Consumo Humano del Centro Poblado de Pampa Hermosa, Distrito de Chontabamba, Provincia de Oxapampa – 2018. (*Tesis para optar de Ingeniero Ambiental*). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, Perú.
- Autoridad Nacional de Agua, A. (2009). Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338. Lima, Perú. Obtenido de www.ana.gob.pe.
- Becerra, G. (2016). Manual de buenas prácticas en la investigación de sitios contaminados: Muestreo de aguas subterráneas. En G. Becerra, *Manual de buenas prácticas en la investigación de sitios contaminados: Muestreo de aguas subterráneas* (pág. 22). Lima, Perú: Ministerio del Ambiente de Perú.
- Benítez, P. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. *Ciencia e Ingeniería*, 14, 9-18.
- Bustinsa, D. (2018). Relación de la Anemia Ferropénica y el consumo de Agua Subterránea en Adolescentes de la Urbanización Taparachi, en el 2018. (*Tesis de grado*). Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez", Juliaca.
- Calla, K. (2020). Calidad fisicoquímica y microbiológica de los manantiales de consumo humano en el centro poblado Chin Chin Tres Cruces, Cajamarca 2019. (*Tesis de*

- Grado*). Universidad Privada del Norte, Cajamarca.
- Calsin, K. (2016). Calidad Física, química y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Tarapachi III de la ciudad de Juliaca, Puno 2016. (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Camacho, A. (2009). fecales y *Escherichia coli* por la técnica de diluciones en tubo múltiple (Número más Probable o NMP). (*Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos Facultad de Química*). Universidad Nacional de México, México.
- Capote, T. (2015). Determinación de la dureza total en agua con EDTA empleando una solución amortiguadora inodora de borato. *Revista del Instituto Nacional de Higiene, 46(1-2)*.
- Carcausto, C. (2017). Purificación de aguas subterráneas por medio de filtros lentos de arena para consumo humano en la comunidad de Thunco - Puno. (*Tesis de Maestría*). Universidad del Altiplano, Puno.
- Castillo, S. (2021). Determinación de metales pesados en el agua subterránea para uso en actividades productivas, en la zona baja de la provincia, El Oro. *Tesis para optar el Grado Académico de Doctora en Ciencias Ambientales*. Universidad Mayor de San Marcos, Lima.
- Ceballos, E. (2016). Especiación y movilidad del Cromo en Aguas Subterráneas contaminadas de un sector de la cuenca del Río Matanza- Riachuelo, Buenos Aires, Argentina. *Oceanografía, Hidrología, Recursos Hídricos*. Buenos Aires - Argentina.
- Chacón, C. (2018). Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales y Subterráneas, de la Subcuenca del Río Viejo. *Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de*

Nicaragua,

- Curo, M. (2017). Calidad Bacteriológica y Fisicoquímica del Agua de pozos con fines de consumo humano en el distrito de Huata – Puno, 2016. (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Chuquillanqui, K. (2016). Determinación de las características Físicas y Químicas de los suelos agrícolas de la Comunidad Campesina Pallanchacra - Pasco. (*Tesis para optar el Título de Ingeniero Agronomo*). Universidad Nacional "Daniel Alcides Carrión", Cerro de Pasco, Perú.
- Díaz, R. (2017). Ventajas y desventajas del Análisis por ICP-MS de Metales Pesados en muestras biológicas. (*Boletín Institucional Instituto Nacional de Salud*), 23, 54 - 59.
- Espitia, N. (2019). Análisis de calidad de agua potable con relación a sus parámetros fisicoquímicos, biológicos, y crecimiento de *Lemna minor* en la estancia de Lurín, Lima
- Flores Cerna, 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, Cajamarca.
- Fustamante, J. (2020). Queratina para la adsorción de plomo en aguas subterráneas del distrito de Mórrope. (*Tesis para Título Profesional*). Universidad César Vallejo, Chicalyo, Perú.
- Glok, M. (2015). El agua subterránea como agente geológico en el sector meridional de la cuenca de la laguna Mar Chiquita, provincia de Buenos Aires. Su estudio con herramientas hidrogeoquímicas e isotópicas. (*Tesis doctoral*). Universidad

Nacionalde la Plata, Buenos Aires - Argentina.

Gutiérrez, M. (2018). La evaluación del agua subterránea ha sido una tarea que ha adquirido gran importancia en las últimas décadas en nuestro país, como consecuencia del incremento de la demanda por el recurso. De los estudios realizados, el INRENA calcula que en ocho valles. (*Tesis de Maestría*). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.

Gutiérrez, M. (2019). Calidad Bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano en el Centro Poblado de Virú, distrito de Virú, Perú 2018. (*Tesis de Maestría*). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo

Gutiérrez, S. (2018). Análisis microbiológico del agua en pozos artesanales en la ribera del “Río Chillón”, distrito de Puente Piedra, en el año 2018. (*Tesis para optar Título Profesional*). Universidad María Auxiliadora, Lima, Perú.

Huillca, M. (2019). Evaluación de la concentración de Arsénico en aguas subterráneas para. (*Trabajo de Investigación*). Universidad Peruana Unión, Puno.

Pacori, K. (2018). Calidad Fisicoquímico y Bacterilógica del Agua en la zona de captación de la Comunidad Hercca-Sicuani-Canchis-Cusco. (*Tesis de Licenciado en Biología*). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

Machuca, E. (2019). Determinación de cadmio, arsénico y plomo por espectrofotometría de absorción atómica en aguas de pozo de Castillo Grande - Tingo María, julio - setiembre 2019. (*Título de Segunda Especialidad Profesional en Toxicología y Química Legal*). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

- Méndez, R. (2015). Calidad microbiológica de pozos de abastecimiento de agua potable en Yucatán, México. *Revista Académica de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán*, 19 (1). Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46750924005>
- Mite, G. (2015). “Estudio Microbiológico del Pozo de Agua en la Comuna Loma Alta, Parroquia Colonche y su posible incidencia en la Salud de la Población que la consume”. (*Tesis de Maestría*). Universidad de Guayaquil, Guayaquil.
- Molina, L. (2018). Propuesta de uso del Agua Subterránea del distrito de Uracacorire para el consumo humano mediante la identificación de los parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos. (*Tesis de Grado*). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.
- Lösch, L. (2015). Detección de genes de virulencia del patotipo enteroagregativo en cepas de *Escherichia coli* aisladas de fuentes de agua subterránea de la provincia del Chaco, Argentina. *Revista Argentina de Microbiología*, 47, 88, 94. Obtenido de <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>
- Osorio, P. (2018). Diagnóstico del pozo P-699 y diseño preliminar del pozo tubular para Pucusana - Lima. *Monografía Técnica*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
- Pacori, K. (2018). “Calidad Físicoquímico y Bacteriológica del Agua en la zona de captación de la Comunidad Hercca, sicuani-Canchis-Cusco”. (*Tesis de Grado*). Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Pezo, L. (2016). “Diseño de sistema de agua potable mediante la evaluación del aprovechamiento de aguas subterráneas en los AA. HH primavera y Pachacutec -

- La Banda de Shilcayo-2016”. (*Tesis de Grado*). Universidad César Vallejo, Tarapoto.
- Quispe, H. (2012). “Evaluación de Parámetros Fisicoquímicos en Aguas Subterráneas y tratadas en la Empresa Elvimar S.R.L.”. (*Monografía para obtener Licenciatura en Ciencias Químicas*). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Ramos, A. (2016). “Evaluación Microbiológica y Físico-Química de la Calidad del Agua para Consumo Humano de La Junta Administradora de Agua Potable Galten – Guilbut Ubicada en El Cantón Chambo”. (*tesis de grado*). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba - Ecuador.
- Rojas, L. (2018). Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de agua de consumo humano del Centro Poblado de San Marcos, distrito de Chontabamba, provincia de Oxapampa – 2018. (*Tesis de Grado*). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco.
- SENAMHI, S. N. (2020). Informe Técnico N°13-2020/SENAMHI-DMA-SPC. “Perspectivas para el periodo Noviembre 2020 - Enero 2021”. Lima, Perú.
- Sully, I. (2011). Vulnerabilidad, amenaza y peligro a la contaminación de las aguas subterráneas en la región de Bucaramanga. *UIS Ingenierías*, 10(1).
- Talavera, M. (2018). Evaluación de la Calidad de Agua para Consumo Humano en los caseríos Nueva Luz de Fátima y Mariscal de Sucre del distrito de Yarinacocha, departamento de Ucayali, 2017. (*Tesis de Grado*). Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa.

- Tarcisio, J. (2015). Determinación de la dureza total en agua con EDTA empleando una solución amortiguadora inodora de borato. *Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*, 46. Obtenido de tcapote@ucla.edu.ve
- Torres, W. (2014). Determinación del nivel de contaminación biológica por coliformes fecales en acuíferos no confinados (pozos) de usos para consumo humano, ciudad de Moyobamba 2013. (*Tesis de grado*). Universidad Nacional de San Martín, Moyobamba.
- Valdivia, A. (2017). “Evaluación y caracterización de la Calidad de Aguas Subterráneas del sector de Jaguay en la Unidad Hidrográfica 1354 de la Cuenca Camaná”. (*Tesis de grado*). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa.
- Vílchez, M. (2019). “Análisis de las causas de contaminación mineralógica en los acuíferos de la costa del Perú: Mórrope”. (*Tesis de Grado*). Universidad Nacional "Pedro Ruíz Gallo", Lambayeque.
- Zambrano, J. (2015). “Evaluación de la producción y Calidad del Agua de los pozos profundos que abastecen a la ciudad de Machala, provincia de El Oro”. (*Trabajo de Titulación*). Universidad Técnica de Machala, Machala - El Oro, Ecuador.

CAPÍTULO VII

APÉNDICE



Figura 6
Toma de muestra del MP - 1



Figura 7
Adición de preservante a la muestra de agua MP - 1



Figura 8
Toma de muestra del MP - 2



Figura 9
Adición de preservante a la muestra de agua del PM - 2



Figura 10. Toma de muestra del MP - 3



Figura 11. Adición de preservante a la muestra de agua MP - 3



Figura 12
Multiparámetro, Marca: WTW
transportadas Serie: Multi 3430 SET G
de NKAP medir pH y Conductividad



Figura 13
Muestra de aguas transportadas en el
cooler al Laboratorio del NKAP

ANEXOS

Resultados de las muestras de agua de los pozos 1, 2 y 3 (Época de lluvia)



**LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO No LE 026**



INFORME DE ENSAYO

C-086-B220-WMG

Pág. 01 de 04

CLIENTE : WALTER MORALES GOICOCHEA
JR HORACIO URTEAGA NRO. 365 CAJAMARCA

METODO DE ENSAYO : Químico, Microbiológico

ITEM DE ENSAYO : Agua de Pozo

PRESENTACIÓN DE LOS ITEM DE ENSAYO : Envases de plástico y vidrio
Preservadas

MUESTREO : Muestras tomadas por el cliente

LUGAR Y FECHAS DE RECEPCIÓN : Cajamarca, 19 de Febrero de 2020
Hora: 14:00

LUGAR Y FECHAS DE EJECUCIÓN : Cajamarca, 19 de Febrero de 2020

MÉTODO DE ENSAYO

Parámetro	Norma-Método	Límite de detección
Metales por ICP #	EPA Method 200.7, Rev. 4.4	Ag <0.0002, Al <0.02, As <0.005, Ba <0.003, Be <0.0002, B <0.003, Ca <0.02, Cd <0.001, Ce <0.009, Co <0.0006, Cr <0.0003, Cu <0.002, Fe <0.002, Hg <0.001, K <0.01, Li <0.003, Mg <0.02, Mn <0.0003, Mo <0.002, Se <0.005, Na <0.06, Ni <0.0006, P <0.01, Pb <0.002, Sb <0.003, Si <0.01, Sn <0.003, Sr <0.0003, Ti <0.0007, Tl <0.002, V <0.001, Zn <0.002 (mg/L) *Límites de cuantificación*
Dureza*	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Cap. 2, Part 2340 A, C, 23rd Ed. 2017	1.04 mg/L
Coliformes Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 23rd Ed. 2017	1.8 NMP/100mL
Coliformes Fecales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. 2017	1.8 NMP/100mL

Sello	Fecha Emisión	Jefe Administrativo	Jefe del Laboratorio de Química	Jefe del Laboratorio de Microbiología
	13/03/2020	 Christian Moran	 Anthony Vivar Paredes	 Juan Colina Venegas

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS SOLICITADOS PARA LOS ITEM DE ENSAYO RECIBIDOS.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN EL PERMISO DE NKAP SRL.

> Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.

> Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del ensayo analizado por un tiempo máximo de 5 días después de emitido el informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo requerimiento expreso del cliente

> Informes de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

C-086-B220-WMG

Resultados de las muestras de agua de los pozos 1, 2 y 3 (Época de lluvia)



INFORME DE ENSAYO

C-086-B220-WMG

Pág. 02 de 04

Código de Laboratorio			C-086-01
Código de Cliente			Pozo 1
Item de Ensayo			Agua de Pozo
Fecha de Muestreo			19/02/2020
Hora de Muestreo			09:50
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Dureza*	DT	mg/L	558.0

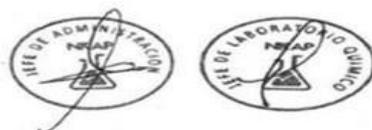
(*) Los metodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

Código de Laboratorio			C-086-02
Código de Cliente			Pozo 2
Item de Ensayo			Agua de Pozo
Fecha de Muestreo			19/02/2020
Hora de Muestreo			10:20
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Dureza*	DT	mg/L	720.4

(*) Los metodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

Código de Laboratorio			C-086-03
Código de Cliente			Pozo 3
Item de Ensayo			Agua de Pozo
Fecha de Muestreo			19/02/2020
Hora de Muestreo			11:05
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Dureza*	DT	mg/L	700.1

(*) Los metodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA



C-086-B220-WMG

Resultados de las muestras de agua de los pozos 1, 2 y 3 (Época de lluvia)



INFORME DE ENSAYO

C-086-B220-WMG

Pág. 03 de 04

Código de Laboratorio			C-086-01
Código de Cliente			Pozo 1
Item de Ensayo			Agua de Pozo
Fecha de Muestreo			19/02/2020
Hora de Muestreo			09:50
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Coliformes Totales	NMP/100mL		35 x 10
Coliformes Fecales	NMP/100mL		<1.8

Código de Laboratorio			C-086-02
Código de Cliente			Pozo 2
Item de Ensayo			Agua de Pozo
Fecha de Muestreo			19/02/2020
Hora de Muestreo			10:20
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Coliformes Totales	NMP/100mL		24 x 10
Coliformes Fecales	NMP/100mL		<1.8

Código de Laboratorio			C-086-03
Código de Cliente			Pozo 3
Item de Ensayo			Agua de Pozo
Fecha de Muestreo			19/02/2020
Hora de Muestreo			11:05
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Coliformes Totales	NMP/100mL		54 x 10 ²
Coliformes Fecales	NMP/100mL		24 x 10 ²



C-086-B220-WMG

Resultados de las muestras de agua de los pozos 1, 2 y 3 (Época de lluvia)



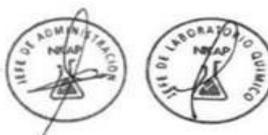
INFORME DE ENSAYO

C-086-B220-WMG

Pág. 04 de 04

Código de Laboratorio			C-086-01	C-086-02	C-086-03
Código de Cliente			Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3
Item de Ensayo			Agua de Pozo	Agua de Pozo	Agua de Pozo
Fecha de Muestreo			19/02/2020	19/02/2020	19/02/2020
Hora de Muestreo			09:50	10:20	11:05
Parámetro	Símbolo	Unidad			
Metales Totales por ICP #					
Plata	Ag	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002
Aluminio	Al	mg/L	0.03	0.03	0.06
Arsénico	As	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005
Boro	B	mg/L	0.057	0.036	0.054
Bario	Ba	mg/L	0.059	0.172	0.365
Berilio	Be	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Calcio	Ca	mg/L	149.10	204.10	192.80
Cadmio	Cd	mg/L	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Cerio	Ce	mg/L	<0,009	<0,009	<0,009
Cobalto	Co	mg/L	<0,0006	<0,0006	<0,0006
Cromo	Cr	mg/L	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Cobre	Cu	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002
Hierro	Fe	mg/L	0.044	0.021	0.035
Mercurio	Hg	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001
Potasio	K	mg/L	1.3	2.0	28.2
Litio	Li	mg/L	<0,003	<0,003	<0,003
Magnesio	Mg	mg/L	12.94	20.35	24.17
Manganeso	Mn	mg/L	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Molibdeno	Mo	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002
Sodio	Na	mg/L	13.75	24.68	31.12
Níquel	Ni	mg/L	<0,0006	<0,0006	<0,0006
Fósforo	P	mg/L	0.03	0.05	0.13
Plomo	Pb	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002
Antimonio	Sb	mg/L	<0,003	<0,003	<0,003
Selenio	Se	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005
Sílice	SiO ₂	mg/L	13.65	20.01	20.86
Estaño	Sn	mg/L	<0,003	<0,003	<0,003
Estroncio	Sr	mg/L	0.7444	0.8912	0.8448
Titanio	Ti	mg/L	<0,0007	<0,0007	<0,0007
Talio	Tl	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002
Vanadio	V	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001
Zinc	Zn	mg/L	0.015	0.008	0.002

(#) Los metodos indicados han sido sub contratados.



C-086-B220-WMG

Resultados de las muestras de agua de los pozos 1, 2 y 3 (época de estiaje)



LABORATORIOS AMBIENTALES
LABORATORIO DE ENSAYO
 ACREDITADO POR EL
 ORGANISMO PERUANO DE
 ACREDITACIÓN INACAL-DA
 CON REGISTRO No LE 026



INFORME DE ENSAYO

C-326-K220-WMG

Pág. 01 de 05

CLIENTE : WALTER MORALES GOICOCHEA
 JR HORACIO URTEAGA NRO. 365 CAJAMARCA

METODO DE ENSAYO : Químico, Microbiológico

ITEM DE ENSAYO : Agua de Pozo

PRESENTACIÓN DE LOS ITEM DE ENSAYO : Envases de plástico y vidrio
 Preservadas

MUESTREO : Muestras tomadas por el cliente

LUGAR Y FECHAS DE RECEPCIÓN : Cajamarca, 3 de Noviembre de 2020
 Hora: 08:00

LUGAR Y FECHAS DE EJECUCIÓN : Cajamarca, 3 de Noviembre de 2020

MÉTODO DE ENSAYO

Parámetro	Norma-Método	Límite de detección
Metales por ICP #	EPA Method 200.7, Rev. 4.4	Li 0.00005, Be 0.00001, B 0.0002, Na 0.004, Mg 0.004, Al 0.004, Si 0.004, S02 0.009, SiO3 0.01, P 0.004, K 0.007, Ca 0.004, Ti 0.00005, V 0.00006, Cr 0.0002, Mn 0.00001, Fe 0.00005, Co 0.000005, Ni 0.00003, Cu 0.0002, Zn 0.00004, Ga 0.00003, Ge 0.00002, As 0.00001, Se 0.0002, Pb 0.00002, Sr 0.00001, Zr 0.00001, Mo 0.00002, Ba 0.00005, Ag 0.00003, Cd 0.00002, In 0.00002, Sn 0.0004, Sb 0.0002, Cs 0.00002, Ba 0.00002, La 0.000002, Ce 0.000004, Tl 0.00001, Lu 0.000001, Ta 0.00002, W 0.00001, Hg 0.00002, Tl 0.00002, Pb 0.0001, Bi 0.00005, Th 0.000005, U 0.000002 (mg/L)
Dureza*	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Cap. 2, Part 2340 A, C, 23rd Ed. 2017	1.04 mg/L
Coliformes Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 23rd Ed. 2017	1.8 NMP/100mL
Coliformes Fecales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. 2017	1.8 NMP/100mL

Sello Fecha Emisión

Jefe Administrativo: Christian Moran (26/11/2020)

Jefe del Laboratorio de Química: Anthony Vivar Paredes

Jefe de Gestión de Calidad: Karen Ahumada León

> Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del ensayo analizado por un tiempo máximo de 5 días después de emitido el Informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo requerimiento expreso del cliente

Trujillo: Av. 02 Mz. C-11 Lt. 19 Parque Industrial La Esperanza.
 Cajamarca: Libre Para Calle Mz. F Lt. 16 Campo Real.
 (51) 44 949937111 - (51) 76 976919551 - (51) 76 362873
 info@nkap.com.pe - 326-K220-WMG.com.pe

Resultados de las muestras de agua de los pozos 1, 2 y 3 (Época de estiaje)



INFORME DE ENSAYO

C-326-K220-WMG

Pág. 02 de 05

Código de Laboratorio			C-326-01
Código de Cliente			MP1
Item de Ensayo			Agua de Pozo
Fecha de Muestreo			2/11/2020
Hora de Muestreo			15:20
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Dureza*	DT	mg/L	510.00

(*) Los metodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

Código de Laboratorio			C-326-02
Código de Cliente			MP2
Item de Ensayo			Agua de Pozo
Fecha de Muestreo			2/11/2020
Hora de Muestreo			16:10
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Dureza*	DT	mg/L	755.00

(*) Los metodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

Código de Laboratorio			C-326-03
Código de Cliente			MP3
Item de Ensayo			Agua de Pozo
Fecha de Muestreo			2/11/2020
Hora de Muestreo			17:00
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Dureza*	DT	mg/L	657.00

(*) Los metodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA



Trujillo: Av. 02 Mz. C-11 Lt. 19 Parque Industrial La Esperanza.
 Cajamarca: Libre Para Calle Mz. F Lt. 16 Campo Real.
 (51) 44 949937111 - (51) 76 976919551 - (51) 76 362873
 info@nkap.com.pe

Resultados de las muestras de agua de los pozos 1, 2 y 3 (Época de estiaje)



INFORME DE ENSAYO

C-326-K220-WMG

Pág. 03 de 05

Código de Laboratorio		C-326-01
Código de Cliente		MP1
Item de Ensayo		Agua de Pozo
Fecha de Muestreo		2/11/2020
Hora de Muestreo		15:20
Parámetro	Símbolo	Unidad
Coliformes Totales	NMP/100mL	14x10 ²
Coliformes Fecales	NMP/100mL	70x10

Código de Laboratorio		C-326-02
Código de Cliente		MP2
Item de Ensayo		Agua de Pozo
Fecha de Muestreo		2/11/2020
Hora de Muestreo		16:10
Parámetro	Símbolo	Unidad
Coliformes Totales	NMP/100mL	14x10 ²
Coliformes Fecales	NMP/100mL	17x10

Código de Laboratorio		C-326-03
Código de Cliente		MP3
Item de Ensayo		Agua de Pozo
Fecha de Muestreo		2/11/2020
Hora de Muestreo		17:00
Parámetro	Símbolo	Unidad
Coliformes Totales	NMP/100mL	13x10 ²
Coliformes Fecales	NMP/100mL	13x10 ²



Trujillo: Av. 02 Mz. C-11 Lt. 19 Parque Industrial La Esperanza.
 Cajamarca: Libre Para Calle Mz. F Lt. 16 Campo Real.
 (51) 44 949937111 - (51) 76 976919551 - (51) 76 362873
 info@nkap.com.pe

Resultados de las muestras de agua de los pozos 1, 2 y 3 (Época de estiaje)



INFORME DE ENSAYO

C-314-J220-GEO

Pág. 04 de 05

Código de Laboratorio			C-326-01	C-326-02	C-326-03
Código de Cliente			MP1	MP2	MP3
Item de Ensayo			Agua de Pozo	Agua de Pozo	Agua de Pozo
Fecha de Muestreo			2/11/2020	2/11/2020	2/11/2020
Hora de Muestreo			15:20	16:10	17:00
Parámetro	Símbolo	Unidad			
Metales Totales por ICP #					
Litio	Li	mg/L	0.00226	0.00099	0.00099
Berilio	Be	mg/L	<0.00001	0.00002	<0.00001
Boro	Bo	mg/L	0.0443	0.0390	0.0553
Sodio	Na	mg/L	13.675	24.142	27.387
Magnesio	Mg	mg/L	11.913	18.687	21.619
Aluminio	Al	mg/L	0.037	0.011	0.009
Silicio	Si	mg/L	7.911	11.765	12.423
Silice	SiO2	mg/L	16.930	25.177	26.584
Silicato	SiO3	mg/L	21.44	31.88	33.67
Fosforo	P	mg/L	<0.004	<0.004	0.022
Potasio	K	mg/L	0.691	3.537	26.507
Calcio	Ca	mg/L	153.604	213.354	184.365
Titanio	Ti	mg/L	0.00069	0.00014	0.00020
Vanadio	V	mg/L	0.00278	0.00107	0.00090
Cromo	Cr	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Manganeso	Mn	mg/L	0.00563	0.00149	0.00122
Hierro	Fe	mg/L	0.04814	0.01776	0.01190
Cobalto	Co	mg/L	0.000582	0.001297	0.001029
Niquel	Ni	mg/L	0.00029	0.00021	0.00039
Cobre	Cu	mg/L	0.0042	0.0015	0.0044
Zinc	Zn	mg/L	0.01281	0.01499	0.00359
Galio	Ga	mg/L	<0.00003	<0.00003	<0.00003
Germanio	Ge	mg/L	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Arsenico	As	mg/L	0.00028	0.00026	0.00037
Selenio	Se	mg/L	0.0011	<0.0002	<0.0002
Rubidio	Rb	mg/L	0.00067	0.00036	0.00475
Estroncio	Sr	mg/L	0.72523	0.85282	0.74597
Zirconio	Zr	mg/L	0.00009	0.00032	0.00040
Niobio	Nb	mg/L	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Molibdeno	Mo	mg/L	0.00032	0.00033	0.00227

(#) Los metodos indicados han sido subcontratados.



Trujillo: Av. 02 Mz. C-11 Lt. 19 Parque Industrial La Esperanza.
 Cajamarca: Libre Para Calle Mz. F Lt. 16 Campo Real.
 (51) 44 949937111 - (51) 76 976919551 - (51) 76 362873
 info@nkap.com.pe

Resultados de las muestras de agua de los pozos 1, 2 y 3 (Época de estiaje)



LABORATORIO AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO

C-314-J220-GEO



Registro N°LE-

Pág. 05 de 05

Código de Laboratorio			C-326-01	C-326-02	C-326-03
Código de Cliente			MP1	MP2	MP3
Item de Ensayo			Agua de Pozo	Agua de Pozo	Agua de Pozo
Fecha de Muestreo			2/11/2020	2/11/2020	2/11/2020
Hora de Muestreo			15:20	16:10	17:00
Parámetro	Símbolo	Unidad			
Metales Totales por ICP #					
Plata	Ag	mg/L	<0.00003	<0.00003	<0.00003
Cadmio	Cd	mg/L	0.00003	0.00002	<0.00002
Indio	In	mg/L	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Estaño	Sn	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Antimonio	Sb	mg/L	0.0004	0.0003	0.0002
Cesio	Cs	mg/L	0.00006	0.00003	0.00005
Bario	Ba	mg/L	0.05560	0.11666	0.28674
Lantano	La	mg/L	0.000043	0.000026	0.000014
Cerio	Ce	mg/L	0.000084	0.000049	0.000022
Terbio	Tb	mg/L	<0.00001	<0.00001	<0.00001
Lutecio	Lu	mg/L	<0.000001	<0.000001	<0.000001
Tantalio	Ta	mg/L	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Wolframio / Tungsteno	W	mg/L	0.00004	<0.00001	<0.00001
Mercurio	Hg	mg/L	0.00036	0.00032	0.00040
Talio	Tl	mg/L	0.00027	<0.00002	<0.00002
Plomo	Pb	mg/L	0.0005	0.0002	0.0001
Bismuto	Bi	mg/L	<0.000006	<0.000006	<0.000006
Torio	Th	mg/L	0.000066	0.000325	0.000250
Uranio	U	mg/L	0.000453	0.004631	0.004593

(#) Los métodos indicados han sido subcontratados.



Trujillo: Av. 02 Mz. C-11 Lt. 19 Parque Industrial La Esperanza.
 Cajamarca: Libre Para Calle Mz. F Lt. 16 Campo Real.
 (51) 44 949937111 - (51) 76 976919551 - (51) 76 362873
 info@nkap.com.pe