

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS – PUNO

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN POZOS
TUBULARES DEL CENTRO POBLADO DE MORO PAUCARCOLLA, PUNO
2019**

PRESENTADO POR:

ESTEBAN ROLANDO SANDOVAL CONDORI

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

PUNO – PERÚ

2021

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TESIS

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN POZOS
TUBULARES DEL CENTRO POBLADO DE MORO PAUCARCOLLA, PUNO
2019**

PRESENTADO POR:
ESTEBAN ROLANDO SANDOVAL CONDORI
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE



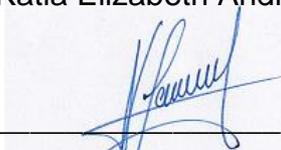
MSc. Julio Wilfredo Cano Ojeda

PRIMER MIEMBRO



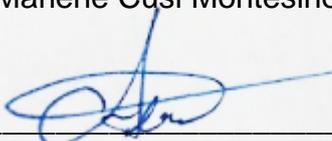
Mg. Katia Elizabeth Andrade Linarez

SEGUNDO MIEMBRO



MSc. Marlene Cusi Montesinos

ASESOR DE TESIS



Mg. Elvira Anani Durand Goyzueta

Áreas: Ciencias Naturales

Disciplina: Oceanografía, Hidrografía y Recursos del Agua

Especialidad: Evaluaciones y Monitoreo Ambientales, Ecosistemas Acuáticos

Puno, 15 de abril del 2021

DEDICATORIA

Mi primera intención es dedicar este trabajo de Tesis a nuestro Padre Creador, quien con su infinita bondad ha permitido desarrollarme como ser humano.

A mis Padres, quienes con tanto sacrificio me guiaron por el camino del bien y me guiaron con tanta bondad sobre todo en los momentos más difíciles.

También, se lo dedico a mi familia sin cuyo apoyo no habría sido posible culminar mis estudios superiores.

AGRADECIMIENTOS

- A mi alma mater la Universidad Privada San Carlos de Puno, por abrirme sus puertas y formarme dentro de ella como profesional.
- A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, en cuyas aulas y diariamente me formé como profesional y obtuve los conocimientos de mis maestros y que hoy me permiten desempeñarme en este campo.
- A toda la plana docente de la Universidad Privada San Carlos, desde los niveles básicos como de especialidad.
- A todos aquellos amigos y colegas que me apoyaron directa e indirectamente para culminar este trabajo de forma satisfactoria.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.2.	ANTECEDENTES	5
1.2.1.	A nivel internacional	5
1.2.2.	A nivel nacional	7
1.2.3.	A nivel local	7
1.3.	OBJETIVOS	8
1.3.1.	Objetivo general	8
1.3.2.	Objetivos específicos	9

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.	MARCO TEÓRICO	10
2.1.1.	Calidad del agua	10
2.1.2.	Recurso hídrico de aguas subterráneas	11
2.1.3.	Calidad microbiológica del agua	12
2.1.4.	Contaminación del agua	13
2.1.5.	Parámetros físicos del agua	14
2.1.6.	Parámetros químicos	15
2.1.7.	Bacterias indicadoras de la calidad de agua	16
2.1.8.	Marco normativo	16
2.2.	MARCO CONCEPTUAL	17
2.3.	HIPÓTESIS	18
2.3.1.	Hipótesis general	18
2.3.2.	Hipótesis específicas	18

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	ZONA DE ESTUDIO	19
3.2.	TAMAÑO DE MUESTRA	20
3.3.	MÉTODO Y TÉCNICAS	22
3.3.1.	Tipo de investigación	22
3.3.2.	Recolección de muestras de agua de pozos	22
3.3.3.	Parámetros físicos	22
3.3.4.	Parámetros químicos	24
3.3.5.	Parámetros bacteriológicos	25
3.4.	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	26
3.5.	MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	27

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1.	Parámetros físicos en el agua de pozos en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019.	28
4.2.	Parámetros químicos en el agua de pozos en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019.	31
4.3.	Parámetros bacteriológicos en el agua de pozos en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019.	37
4.1.	Contrastación de hipótesis	38
4.1.1.	Prueba de hipótesis para conductividad eléctrica	38
4.1.2.	Prueba de hipótesis para coliformes totales	40
	CONCLUSIONES	42
	RECOMENDACIONES	43
	BIBLIOGRAFÍA	44
	ANEXOS	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Límites Máximos Permisibles de parámetros microbiológicos de agua de consumo humano.	13
Tabla 02. Límites Máximos Permisibles de calidad física y química de agua para consumo humano	13
Tabla 03. Población y muestra de pozos existentes en el centro poblado de Moro Paucarcolla 2019.	21
Tabla 04. Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en pozos en el Centro Poblado de Moro Paucarcolla 2019.	28
Tabla 05. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en pozos en el Centro Poblado de Moro Paucarcolla 2019.	29
Tabla 06. Sólidos disueltos totales (mg/l) en pozos en el Centro Poblado de Moro Paucarcolla 2019.	30
Tabla 07. Turbidez (UNT) en pozos en el Centro Poblado de Moro Paucarcolla 2019.	31
Tabla 08. Potencial de hidrógeno (Unidades) en pozos en el Centro Poblado de Moro Paucarcolla 2019.	32
Tabla 09. Sulfatos (mg/l) en pozos en el Centro Poblado de Moro Paucarcolla 2019.	33
Tabla 10. Nitratos (mg/l) en pozos en el Centro Poblado de Moro Paucarcolla 2019.	34
Tabla 11. Dureza total (mg/l) en pozos en el Centro Poblado de Moro Paucarcolla 2019.	35
Tabla 12. Cloruros (mg/l) en pozos en el Centro Poblado de Moro Paucarcolla 2019.	36
Tabla 13. Coliformes totales (UFC/100 ml) en pozos en el Centro Poblado de Moro Paucarcolla 2019.	37
Tabla 14. Coliformes termotolerantes (UFC/100 ml) en pozos en el Centro Poblado de Moro Paucarcolla 2019.	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Ubicación de la zona de estudio (Fuente: Google maps)	20
------------------------------------------------------------------	----

RESUMEN

El agua dulce superficial para consumo humano es cada vez más escaso, por lo que se ha visto en la necesidad de utilizar fuentes de agua subterránea (pozos), se planteó el estudio con el objetivo de determinar la calidad de agua de pozos en el centro poblado de Moro, Paucarcolla en el año 2019. La metodología consistió en un estudio descriptivo mediante la toma de muestras de agua de cinco pozos, las mismas que fueron sometidas a análisis de laboratorio, se consideró parámetros físicos, químicos y microbiológicos, comparados con la normatividad existente para este tipo de agua, el análisis estadístico fue descriptivo con el promedio y desviación estándar, para las comparaciones se utilizó la prueba de Z. Los resultados fueron: los parámetros físicos en el agua de pozo en el Centro poblado de Moro fueron, para conductividad eléctrica promedio de 5270 $\mu\text{S/cm}$ que supera el límite permisible (1500 $\mu\text{S/cm}$), la temperatura promedio fue de 17.82 °C, los sólidos disueltos totales de 682.51 mg/l que se encuentra dentro de lo normal, la turbidez del agua fue en promedio 1.34 UNT que se halla dentro de lo normal. Los parámetros químicos fueron, para el pH el promedio de 7.62 unidades que se encuentra dentro de lo normal, los sulfatos con promedio de 43.65 mg/l que se halla dentro de lo normal, los nitratos con promedio de 37.45 mg/l que se encuentra dentro de lo normal, la dureza total con 134.19 mg/l que se encuentra dentro de lo normal, los cloruros con promedio de 289.35 mg/l dentro de lo normal. Los parámetros bacteriológicos en el agua de pozo fue para coliformes totales un promedio de 109.60 UFC/100 ml superando el límite permisible (100 UFC/100 ml), los coliformes termotolerantes estuvieron ausentes en las cinco muestras de agua. Se concluye que en lo físico la conductividad eléctrica excede el límite permisible y en lo microbiológico los coliformes totales exceden también dicho.

Palabras clave: agua, calidad, bacteriológico, físico, químico, pozos.

ABSTRACT

Surface fresh water for human consumption is increasingly scarce, which is why it has been seen in the need to use underground water sources (wells), the study was proposed with the objective of determining the water quality of wells in the center town of Moro, Paucarcolla in 2019. The methodology consisted of a descriptive study by taking water samples from five wells, the same that were subjected to laboratory analysis, physical, chemical and microbiological parameters were considered, compared with the existing regulations for this type of water, the statistical analysis was descriptive with the average and standard deviation, for the comparisons the Z test was used. The results were: the physical parameters in the well water in the town of Moro were, for average electrical conductivity of 5270 $\mu\text{S} / \text{cm}$ that exceeds the permissible limit (1500 $\mu\text{S} / \text{cm}$), the average temperature was 17.82 ° C, the total dissolved solids of 682.51 mg / l which is within normal, the turbidity of the water averaged 1.34 NTU which is within normal. The chemical parameters were, for the pH the average of 7.62 units that is within normal, sulfates with an average of 43.65 mg / l that is within normal, nitrates with an average of 37.45 mg / l that is found within normal, the total hardness with 134.19 mg / l which is within normal, the chlorides with an average of 289.35 mg / l within normal. The bacteriological parameters in the well water were an average of 109.60 CFU / 100 ml for total coliforms, exceeding the permissible limit (100 CFU / 100 ml), thermotolerant coliforms were absent in the five water samples. It is concluded that in the physical the electrical conductivity exceeds the permissible limit and in the microbiological the total coliforms also exceed said..

Keywords: water, quality, bacteriological, physical, chemical, wells.

INTRODUCCIÓN

Si bien el agua es un elemento abundante en el planeta Tierra, el agua dulce que es aquella que puede tomar el ser humano para mantenerse vivo, es escasa y está distribuida de forma irregular, como solución a esta situación de disponibilidad se viene utilizando fuentes de agua subterránea, sin embargo este tipo de agua por su propia naturaleza puede no presentar la calidad adecuada para el consumo humano, además de estar sujeta a procesos de contaminación que también alteran su calidad (Aurazo, 2014).

La construcción de pozos tubulares permiten acceder al agua del subsuelo y su uso se ha generalizado en aquellas zonas donde no es posible obtener agua dulce para el consumo directo del ser humano, en muchos casos el Estado no provee el servicio de agua potable a nivel de domicilio en todo el país, esta situación es muy común sobre todo en centros poblados y barrios marginales, donde el nivel de urbanización es aún incipiente y no cuentan con habilitación urbana municipal, existe informalidad de la propiedad y otras situaciones que impiden el acceso a este vital elemento (Aurazo, 2014).

La evaluación de la calidad del agua, sobre todo aquella que será destinada para el consumo humano directo, es un tema de investigación de mucha importancia, debido a que está relacionada directamente con la salud pública, se conoce que el agua cuando no tiene la calidad requerida puede causar una serie de trastornos, así como transmitir un gran número de enfermedades, esta situación se puede presentar sobre todo en lugares donde no se realiza la potabilización del agua (Calsín, 2016).

En la región Puno se ha hecho común el uso de pozos para obtener agua para consumo humano, entre ellos destacan los pozos tubulares, de forma particular se ha observado un gran número de estos pozos en el Centro poblado de Moro, puesto que esta zona no cuenta aún con el servicio de conexión de agua potable a nivel domiciliario, lo que ha llevado a sus pobladores a la utilización de dichos pozos, así mismo se

evidencia focos de contaminación en el centro poblado de Moro, como consecuencia del crecimiento de la población en dicho ámbito, el mismo que podría estar afectando de manera directa o indirecta la calidad del agua que es obtenida de los pozos tubulares.

La realización de un estudio que evalúe la calidad de agua para consumo humano, se encuentra dentro de la competencia de la ingeniería ambiental, puesto que los resultados permitirán definir si se cumple con los estándares de calidad, además los resultados serán utilizados para futuras investigaciones, incrementando el conocimiento sobre los recursos hídricos de origen subterráneo.

De identificarse que el agua de los pozos subterráneos no tiene la calidad adecuada para su consumo por el ser humano, se debe considerar la intervención de las instituciones relacionadas con la salud pública, puesto que la misma estaría en riesgo, es así que el estudio presentó justificación social pues está enfocada en una población que requiere la mejora de este servicio básico.

El estudio buscó como aspecto relacionado, la reducción de la presentación de enfermedades gastrointestinales en la población de estudio, por lo que se parte del principio de que la prevención es menos costosa que la curación de las mismas, por lo que el aspecto económico se relaciona con el conocimiento de la calidad del agua y su posible prevención (Caceda, 2015).

La estructura de este informe es:

En el Capítulo I, se expone el planteamiento del problema de la investigación, los antecedentes pertinentes relacionados con el tema, además de los objetivos que guiaron el estudio. En el Capítulo II, mostramos el marco teórico que sustenta la investigación, también definimos los principales conceptos utilizados y se señalan las hipótesis planteadas para probar en el estudio. En el Capítulo III, desarrollamos la parte metodología, identificando la zona de estudio, el tamaño de muestra, los métodos y

técnicas, las variables de estudio y el método estadístico. En el Capítulo IV, se presentan los hallazgos del estudio y el análisis de los mismos, siguiendo los objetivos iniciales, se exponen las tablas y figuras y discusiones que permiten demostrar lo planteado. Además se incluye las conclusiones y recomendaciones del estudio.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El recurso agua a nivel global se encuentra actualmente con una baja calidad para el consumo humano, la formación de asentamientos humanos en zonas inadecuadas ha producido una demanda de fuentes de agua no tradicionales, como es el uso de aguas subterráneas mediante la perforación de pozos. Sin embargo el uso inadecuado de las aguas subterráneas también origina otros problemas, siendo el peligro más recurrente y difundido la contaminación microbiana con aguas servidas y excretas humanas y de animales, así como de otras fuentes de contaminación, lo cual se produce por lo general por infiltración u otras vías de contaminación, todo lo cual se constituye en un riesgo para la salud pública (Calsín, 2016).

El acceso al agua potable para consumo humano es un problema frecuente en el ámbito nacional, regional y local, es así que en la ciudad de Juliaca el 31.1% de abastecimiento de agua para consumo de la población es tomado de pozos, esta agua es consumida en forma directa, sin existir algún tipo de tratamiento previo, lo que se traduce en un peligro para la salud humana de las personas que la consumen. Cuando el recurso agua potable es escaso la población tiende a buscar fuentes alternativas para su subsistencia, por lo cual se recurre a la búsqueda del agua subterránea mediante la perforación de pozos, estos pueden ser básicamente a nivel superficial y de profundidad,

los cuales tienen diferentes rendimientos según la zona donde se realicen (Esparza, 2005).

En el Centro Poblado de Moro existe una zona importante que hasta la actualidad aún no cuenta con el servicio público de agua potable, por lo que han recurrido a la obtención de agua a partir de pozos tubulares, sin embargo esta agua no recibe ningún tratamiento previo a su consumo (potabilización), por lo que se desconoce si la misma tiene la calidad necesario para el consumo humano directo, por lo cual se consideró relevante evaluar los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos de estas aguas, lo cual permitirá conocer si las mismas son inocuas para el ser humano, o por otro lado presentan una calidad que no permitiría su consumo o que podría poner en riesgo la salud de las personas que las consumen en este Centro Poblado.

Por lo cual el estudio analiza bajo criterios científicos y técnicos, la calidad actual del agua de pozos en el centro poblado de Moro, considerando los aspectos físicos, químicos y microbiológicos, pues son estos los que determinan su calidad para el consumo humano directo.

Problema general

¿Cual es la calidad de agua de pozos en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019, en base a características fisicoquímicas y microbiológicas para agua de consumo humano de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA?

Problemas específicos

¿Qué valores tienen los parámetros físicos en el agua de pozos en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019,. para agua de consumo humano de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA?

¿Qué valores tienen los parámetros químicos en el agua de pozos en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019, para agua de consumo humano de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA?

¿Qué valores presentan los parámetros bacteriológicos en el agua de pozos en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019, para agua de consumo humano de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. A nivel internacional

Sanchez et al., (2020) en su estudio señalan que en la localidad de Corral de piedra, se tomó muestras de agua cuyos resultados demuestran que tienen una alta calidad, adicionalmente la caracterización de las aguas subterráneas las identifican como de naturaleza bicarbonatada y con contenido de calcio. El análisis estadístico de correlaciones permitió identificar un total de 25 correlaciones significativas, de las cuales las de mayor importancia fueron para el pH y nitrato, conductividad y bicarbonato, adicionalmente se realizó un análisis multivariante de componentes principales en donde se identificó 5 componentes que explican la varianza global de los datos.(85,6%).

Anduro (2021) en su estudio señala como resultados que el agua de pozo analizada presentó indicadores de contaminación de naturaleza microbiológica, además que los niveles de cloro residual estuvo ausente como indicador de no tener un proceso de potabilización, la presencia de coliformes totales y fecales fue de 50.9 y 39% de las muestras respectivamente indicando la presencia de *Escherichia coli*.

Robles et al. (2013) en sus resultados reportan el análisis microbiológico de aguas provenientes de pozos subterráneos y de origen de un manantial, en ambos casos se determinó que las mismas son de naturaleza muy duras, en general el agua de pozo

presentó una mayor concentración de sólidos disueltos sobretodo en la zona baja. Realizado el análisis estadístico multivariante de discriminación se evidenció que el agua de manatíal tiene diferencias significativas respecto al agua de los pozos, en terminos microbiologicos el agua de manatíal no presenta buena calidad para realizar actividades recreativas, mientras tres pozos no tienen la calidad para ser consumida irectamente por el ser humano. Los resultados de mala calidad del agua son atribuidos a un deficiente drenaje y la carencia de servicios sanitarios, produciendo la contaminación del acuífero subterráneo.

Hernandez et al. (2012) manifiesta en sus resultados del análisis de aguas provenientes de pozos, se evidenció el contenido de nitratos, cuyo origen sería las actividades humanas que contaminan el acuífero de naturaleza superficial, estos valores se encuentran en 55.8 mg/l, además se encontró la presencia de flúor de origen natural, además la salinidad fue característica en esta aguas.

Montes (2009) realizó una evaluación de aguas subterráneas respecto a su calidad, obteniendo según resultados de laboratorio un alto contenido de nitratos con promedio de 29.6 mg/l, así mismo reporta un elevado número de coliformes termotolerantes, la profundidad del nivel freático fue determinado entre 0.4 hasta 16.3 m, el origen de los mismos se asocia con el uso de insumos para la agricultura y ganadería de la zona, además se identificó posibles fuentes de contaminación en los pozos sépticos en zonas próximas y cercanas también a los niveles freáticos, por lo que en las tres comunidades evaluadas se recomienda realizar acciones de reducción de carga contaminante.

Rodriguez (2007) en los análisis de aguas de origen subterráneo, se determinó que las mismas en el aspecto físico-químico y microbiológico, se determinó la presencia de algunos elementos no deseables para el consumo humano, que indicarían la generación de contaminación que señala que el agua no es apta para el consumo

humano, en el aspecto microbiológico los resultados evidenciaron la presencia de coliformes totales y fecales. Los resultados generales del análisis de las aguas de pozos permiten sellar que no se encuentra aptos para el consumo humano directo, se recomienda su potabilización.

1.2.2. A nivel nacional

Oscoco (2019) señala que mediante investigaciones y estudios de calidad de agua subterránea en zonas rurales, se concluye que las enfermedades gastrointestinales se relacionan con el agua de consumo extraídos de pozos, debido a que estas aguas subterráneas presentan contaminación, estableciendo la necesidad de buscar alternativas de tratamiento que garanticen la buena calidad de agua subterránea para el consumo de las personas; beneficiando la calidad de vida de una población en específico.

Caceda (2015) este estudio realizado en la ciudad de Tacna, analizando la calidad de aguas, obtuvieron como resultados que los parámetros fisicoquímicos a partir del año 2010 al 2014 indicaron que en un 20% del total de muestras fueron aptos, un 70% no aptos y 10% donde no se obtuvo resultados, mientras que los parámetros microbiológicos del año 2014 indicaron que el 79.17% del total de muestras fueron aptos para su consumo directo, mientras que un 20.83% fueron declaradas como no aptas.

Cutimbo (2012) para la calidad bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano en centros poblados menores de la Yarada y los Palos del distrito de Tacna, en la región del mismo nombre. Donde de 46 pozos muestreados entre los meses de abril y junio del 2012, el recuento de bacterias heterotróficas fue de 2%, para coliformes totales 54% y para bacterias termotolerantes 11%, donde 21 pozos (46%) de aguas de pozos se encontraban bacteriológicamente aptas para el consumo humano y 25 (54%) no aptas.

1.2.3. A nivel local

Calsín (2016) para la calidad física, química y bacteriológica de aguas subterráneas reporta que la conductividad eléctrica total fue de $1636.25 \pm 86.39 \mu\text{S/cm}$ en pozos artesanales y en pozos tubulares $1082.18 \pm 81.79\mu\text{S/cm}$ ($P \leq 0.05$). Para la temperatura se obtuvo valores dentro del rango normal, considerando que este parámetro presenta variaciones propias del ambiente en que se encuentran; los sólidos totales disueltos $785.03 \pm 41.12 \text{ mg/L}$ en pozos artesanales y en tubulares $509.82 \pm 41.20 \text{ mg/L}$, ($P \leq 0.05$); la turbiedad fue de $2.15 \pm 0.39 \text{ NTU}$ en pozos artesanales y tubulares $3.09 \pm 0.42 \text{ NTU}$ sin diferencias estadísticas. Se arribó a las conclusiones que del análisis de laboratorio se evidenció que los parámetros del agua que excedieron los límites establecidos por la normatividad fueron sulfatos, dureza total, coliformes totales y fecales, llegando a la conclusión general que el agua proveniente de pozos artesanales y tubulares no presentan la calidad requerida para ser consumidas por el ser humano, por tanto se sugiere que las autoridades pertinentes tomen medidas para advertir a la población sobre el riesgo del consumo de las mismas y realizar una intervención para potabilizar estas aguas.

Apaza & Calcina (2014) en el estudio "Contaminación natural de aguas subterráneas por arsénico en la zona de Carancas y Huata, Puno", señala como principal hallazgo el elevado contenido de arsénico en el agua, este análisis fue realizado en aguas subterráneas superficiales, el origen de este elemento tóxico se atribuye a proceso de oxidación. En cuanto a determinar el origen del arsénico se plantea la hipótesis de un origen natural proveniente de la cordillera occidental de los Andes, donde este elemento se halla asociado con otros minerales, las cuales por diferentes procesos entre ellos la lixiviación son arrastrados por el agua superficial y subterráneo en condiciones de carencia de oxígeno, así mismos se plantean hipótesis de un posible origen industrial o de otros entornos por no observarse alguna fuente de contaminación de la minería local en el ámbito de estudio.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la calidad de agua de pozos en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019, en base a características fisicoquímicas y microbiológicas para consumo humano de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los parámetros físicos en el agua de pozos en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019,. para consumo humano de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA.
- Determinar los parámetros químicos en el agua de pozos en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019, para consumo humano de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA.
- Determinar los parámetros microbiológicos en el agua de pozos en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019, para consumo humano de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Calidad del agua

La calidad del agua se puede definir en función de una serie de características fisicoquímicas y microbiológicas, así como de sus valores de aceptación o de rechazo, la calidad físico-química del agua se basa en la determinación de sustancias químicas específicas que pueden afectar a la salud de la persona que la consume (Marín, 2006).

Se debe entender que la evaluación de la calidad del agua es un proceso que se realiza con un enfoque de varias disciplinas, pues involucra aspectos netamente físicos como el color, sabor, pero además de aspectos químicos e incluso biológicos, muchos factores son los que determinan la calidad de un agua, puesto que pueden estar afectados por las actividades humanas mediante la contaminación, pero también depende de su origen puesto que la calidad de las aguas subterráneas casi siempre es inferior a las de las superficiales (Marín, 2006).

Para realizar una evaluación del agua para ver su aptitud para el consumo humano, se considera básicamente el análisis de elementos metálicos, otros de origen orgánico, pero también de microorganismos de naturaleza patógena, los primeros pueden tener su origen de procesos naturales de la geodinámica, pero

también de manera importante de la actividad humana, básicamente de procesos de contaminación por la industria o el uso del agua en actividades diarias como limpieza corporal y preparación de alimentos en los hogares. La actual situación a nivel mundial evidencia fuertes niveles de contaminación del agua, lo que produce a su vez una menor disponibilidad del agua con características apropiadas para el consumo humano (OMS, 2006).

La Organización Mundial de la Salud reconoce básicamente cinco parámetros del agua necesariamente en niveles aceptables, los cuales son de naturaleza física, química, microbiológica, tóxicas y elementos radiactivos. En el caso particular de los microorganismos se debe enfatizar que los mismos afectan de manera directa la salud del ser humano, básicamente los análisis se refieren a la presencia de coliformes totales y termotolerantes, estos al entrar en el tracto digestivo de la persona pueden alterar de manera significativa su salud, por lo que el agua potable utiliza el cloro como elemento químico para reducir y erradicar la presencia de estos microorganismos (OMS, 2006).

Mientras que una buena parte del agua para el consumo humano tiene su origen en el agua superficial como los ríos y lagos, se debe reconocer que un porcentaje cada vez más importante proviene del agua de pozos subterráneos, que son utilizados como una solución a la escasez de las primeras fuentes, sin embargo estas también están sujetos a proceso de contaminación, ya sea atribuible a proceso naturales pero también antrópicos (Curo, 2005).

2.1.2. Recurso hídrico de aguas subterráneas

Las aguas subterráneas básicamente tienen un origen del agua que se infiltra a partir de las aguas precipitadas superficialmente, este proceso se realiza mediante la porosidad de las rocas y fisuras en un suelo con permeabilidad, las fuentes pueden ser los ríos y lagos además de la precipitación pluvial, este proceso

puede producir también la contaminación de estas aguas subterráneas por infiltración de contaminantes (González, 2012).

Por otro lado se debe entender que los pozos tubulares tienen su origen en la perforación de naturaleza hidrogeológica, la cual se realiza con una sonda de perforación de manera vertical, esta puede tener diferentes diámetros, siendo las más usuales de cuatro pulgadas (Robles et al., 2013).

2.1.3. Calidad microbiológica del agua

En el aspecto microbiológico de la evaluación de calidad del agua ya sea subterránea o superficial, debe ser sometida al análisis de laboratorio para identificar la presencia y la carga bacteriana, de ser positivo el resultado indicaría alguna forma de contaminación orgánica, los indicadores establecidos son dos grupos como son los coliformes totales y los termotolerantes, siendo los segundos de mayor riesgo que los primeros, por lo que deberían estar ausentes en las muestras de agua. Sin embargo este es un aspecto parcial del análisis microbiológico pues existen otros microorganismos cuya presencia pondría en peligro la salud de las personas que las consumen (González, 2012).

Los coliformes pertenecen a las bacterias y son identificables por medio de los métodos de coloración de sus estructuras, en este caso son denominados Gram negativos y pueden ser aerobios o anaerobios facultativos, para su identificación se detecta su presencia mediante la fermentación de la lactosa cuando son incubados a 35 °C por un tiempo de 48 horas, los géneros de microorganismos principales son *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, estas por lo general se hallan en el tracto digestivo del ser humano y por lo mismos son indicadores de alguna forma de contaminación antrópica, además pueden existir huevos de parásitos que deben de considerarse también (Cutimbo, 2012):

El Ministerio de Salud ha publicado una serie de Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N° 031-2010-SA), en donde se exponen los límites permisibles tanto en el aspecto microbiológico como fisicoquímicos para el agua para consumo humano.

Tabla 01. Límites Máximos Permisibles de parámetros microbiológicos de agua de consumo humano.

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Bacterias coliformes totales	UFC/100 mL a 35°C	0
Escherichia coli	UFC/100 mL a 44.5°C	0
Bacterias coliformes fecales	UFC/100 mL a 44.5°C	0
Bacteria heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	500

Fuente: (DIGESA, 2011)

Tabla 02. Límites Máximos Permisibles de calidad física y química de agua para consumo humano

Parámetros	Unidad de medida	L.M.P
Turbiedad	NTU	5
pH	Valores de pH	6.5-8.5
Conductividad	uS/cm	1500
Solidos totales disueltos	Mg/l	1000
Cloruros	Mg/Cl	250
Sulfatos	Mg/SO4	250
Dureza total	Mg/CacO3	500
Nitratos	Mg/NO3	50

Fuente: (DIGESA, 2011)

2.1.4. Contaminación del agua

La fuente de contaminación de mayor cuidado es aquella que tiene un origen en desechos orgánicos del ser humano como las heces fecales, pues su consumo pone en riesgo directo la salud de la persona que los consume, por lo cual el análisis microbiológico tiene una particular importancia y su medición es permanente en aguas para consumo humano (Aurazo, 2014).

Contaminación por actividades humanas

Una de las principales fuentes de contaminación con microorganismos patógenos son los llamados pozos sépticos, o letrinas, así como las pérdidas del alcantarillado público, así también otras fuentes importantes de contaminación del agua son los productos químicos usados de manera diaria en la limpieza de la persona y lavado de ropa, entre ellos destacan los detergentes en diversas formas de presentación (Aurazo, 2014).

2.1.5. Parámetros físicos del agua

a. Conductividad

En las mediciones de la conductividad eléctrica se tiene como origen de su variación a la contaminación por sales que provienen de un proceso de infiltración, de aguas superficiales, si bien el agua en su forma natural contiene iones en su estructura, sin embargo valores por encima de los permisibles se asocian a fuentes de contaminación por actividad minera, además también se debe considerar la época en que se realiza el muestreo (seca o lluviosa) (Mondaca, 2013).

b. Temperatura

La temperatura es un indicador de la calidad del agua, que influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas, mientras que las temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a una indeseada proliferación de plantas acuáticas y hongos (Aurazo, 2014).

c. Sólidos disueltos totales

Las partículas en suspensión que se encuentran en el agua tienen diversos orígenes, como pueden ser de naturaleza orgánica como los detritus, así como el plancton (algas), pero también tiene su origen en la interrelación con el suelo, es decir con la suspensión de partículas del suelo, las cuales por el proceso de decantación no pueden precipitarse por poseer un tamaño muy pequeño, estos sólidos pueden hacer variar la coloración del agua natural expresado como turbidez, la cual puede provocar una respuesta fisiológica negativa en la persona que consume agua con alta concentración de sólidos disueltos (Robles et al., 2013).

d. Turbidez

El parámetro de turbidez del agua es producida por materias en suspensión, como arcillas, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton, sedimentos procedentes de la erosión y microorganismos, el tamaño de estas partículas varía desde 0,1 a 1.000 nm de diámetro, de esta manera una alta turbidez suele asociarse a altos niveles de microorganismos como virus, parásitos y algunas bacterias (Aurazo, 2014).

2.1.6. Parámetros químicos

a. pH o potencial de hidrogeniones

El potencial de iones hidrógeno es una medida estándar para evaluar la calidad del agua, este parámetro tiene como valor de referencia las siete unidades, aquellas aguas con valores menores al señalado se pueden considerar ácidas y por encima básicas, mientras que es neutro cuando están cercanas al valor de 7, se utiliza este indicador en todos los análisis de agua por su utilidad para evaluar la idoneidad de la misma. Su medición se realiza mediante equipos denominados pH metros, que utilizan un electrodo calibrado (CEPIS, 2012).

2.1.7. Microorganismos indicadores de la calidad de agua

a. Coliformes

Los coliformes son una denominación para indicar una familia de organismos bacterianos, que tienen una distribución cosmopolita (plantas, animales, suelo, ser humano), se utiliza su presencia como un indicador estándar de contaminación por desechos orgánicos en descomposición, el agua puede haberse contaminado por diversas formas y la presencia de los mismos es habitual en la superficie del agua (Mendoza, 2011).

b. Coliformes fecales

Son aquellas que tienen su origen en las heces fecales y forman del denominado grupo de coliformes y son de naturaleza Gram negativa, además tienen la capacidad de fermentar la lactosa y producen ácidos y gases cuando son incubados en laboratorio a una temperatura de 44 °C en un término de 24 horas su principal integrante es el conocido género *Escherichia* como indicador directo de contaminación fecal, por lo general con aguas negras o servidas de origen domiciliario (Esparza, 2005).

2.1.8. Marco normativo

El marco normativo en el Perú respecto a la calidad del agua se encuentra normado por el Ministerio del Ambiente y el Ministerio de Salud, esta normatividad la establece en los Estándares de Calidad Ambiental que se especifican en el Artículo 33° numeral 1 de la Ley N° 28611 (Concordancias: D.S. N° 44 – 98 – PCM – Reglamento Nacional para la Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles), en este documento se establece los estándares de calidad el agua y los límites máximos permisibles para los sectores involucrados, todo

lo cual es refrendado por la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante la dación de un Decreto Supremo.

Se ha considerado tres categorías homólogas a la clasificación que señala la Ley N° 29338 Ley de Recursos Hídricos y son las siguientes:

Categoría A: Se considera a aquellas aguas subterráneas destinadas para el consumo humano, se tiene las siguientes subcategorías:

A1: Aguas que puede ser potabilizadas con Desinfección (también en concordancia a lo fijado en la Ley 29338, Art 36 agua para uso primario)

A2: Aguas que pueden ser Potabilizadas con Tratamiento Convencional o Avanzado. (Aplicable lo fijado en la Ley 29338, Art 39 agua para uso poblacional).

Se tiene a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias, dadas en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Respecto a la normatividad vigente para el agua de consumo humano, se tiene al Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N° 031-2010-SA) publicado en el 2011, donde el Ministerio de Salud señala los Límites Máximos Permisibles tanto en los microbiológico, físico y químicos, los mismos que se encuentran vigentes.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Aguas subterráneas: es aquella agua que se encuentra almacenada en los acuíferos subterráneos, son extraídas mediante pozos de longitud variable.

Calidad: características de un producto o servicio, las cuales la hacen apta para alguna finalidad, en el caso del agua se evalúa los aspectos físicos, químicos y biológicos para evaluar su calidad (Montes, 2009).

Coliformes fecales: son bacterias con coloración Gram negativa, no forman esporas y tienen la capacidad de fermentar la lactosa y producir ácidos y gases a una temperatura de 44.5°C (Montes, 2009).

Contaminación: son sustancias que alteran las propiedades físicas, químicas y biológicas de un agua.

Nitratos: el ión nitrato (NO_3^-) es un elemento que altera la calidad del agua, su origen es mayormente de origen orgánico

pH: mide la concentración de los iones hidrógeno en el agua y si son superiores a 7 se consideran básicas y menores ácidas, (Montes, 2009).

Sólidos disueltos totales: son las partículas suspendidas en el agua, modificando el color natural del agua (inoloro), mide los sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos).

Sulfatos: el ión sulfato ($\text{SO}_4^{=}$), corresponde a sales de moderadamente solubles a muy solubles (Valderrama et al., 2010).

Turbidez: Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos y que se presentan principalmente en aguas superficiales, en general son muy difíciles de filtrar y pueden dar lugar a depósitos en las conducciones (SUNASS, 2003).

2.3. HIPÓTESIS

2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

La calidad de agua en los pozos en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019 si es apta para el consumo humano según la normatividad actual.

2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Los parámetros físicos en aguas de pozo en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019 si cumplen con la normatividad vigente.

- Los parámetros químicos en aguas de pozo en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019 si cumplen con la normatividad vigente.
- Los parámetros microbiológicos en aguas de pozo en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019 si cumplen con la normatividad vigente.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La investigación se llevó a cabo en el Centro Poblado de Moro que se ubica en el distrito de Paucarcolla, provincia de Puno, en la región de Puno. Las muestras de los pozos se tomaron en dicho lugar; los análisis de laboratorio se realizaron en el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) perteneciente al Ministerio de Agricultura y Riego.

En lo ambiental el ámbito de estudio se caracteriza por la escasa disposición de agua, no cuenta con servicio domiciliario de agua potable de la red pública, por lo que la misma es obtenida del subterráneo. En lo social la población de la zona de estudio se caracteriza por presentar educación secundaria completa o formación

técnica.



Figura 01. Ubicación de la zona de estudio (Fuente: Google maps)

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

Población: La población de estudio estuvo conformada por la totalidad de pozos de agua para consumo humano en el Centro poblado de Moro, que al momento del estudio eran 20.

Muestra: estuvo formada por aquellos pozos que actualmente se encuentran en funcionamiento y cuyas aguas son destinadas al consumo humano, que fueron en número de 5..

Tabla 03. Población y muestra de pozos existentes en el centro poblado de Moro Paucarcolla 2019.

Pozos	Coordenadas UTM	
	Latitud	Longitud
P 1 *	15°40'27,97536	- 70°4'13,2834
P2	15°40'28,0164	- 70°4',14,74484
P3	15°40'28,0324	- 70°4'14,04948
P4	15°40'25,44564	- 70°4'18,47424
P5 *	15°40'27,54012	- 70°4'22,5984
P6	15°40'2754012	- 70°4'22,5984
P7	15°40'33,37536	- 70°4'23,64416
P8 *	15°40'33,6216	- 70°4'20,88156
P9	15°40'34,653	- 70°4'21,36036
P10	15°40'35,55156	-70°4'22,99132
P11	15°40'37,5132	- 70°4'19,99992
P12	15°40'38,89344	- 70°4'22,98788
P13	15°40'40,3302	- 70°4'22,55756
P14	15°40'42,31156	- 70°4'22,41804
P15	15°40'42,83184	- 70°4'18,50052
P16 *	15°40'44,68165	- 70°4'16,4136
P17	15°40'39,2934	- 70°4'12,59974
P18	15°40'36,59628	- 70°4'10,8984
P19	15°40'35,23584	- 70°4'11,0118
P20 *	15°40'26,752	- 70°4'78836

* Pozos muestreados.

Tamaño de muestra

La muestra fue obtenida por muestreo no probabilístico, bajo el criterio de elección dirigida y que se compone de cinco pozos.

3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS

3.3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue de nivel no experimental, puesto que se tomó las muestras de agua tal como se encontraban en los pozos tubulares, sin modificación alguna por parte del investigador, las muestras reflejan las condiciones en que se encontraron en ese momento (Hernández et al., 2010), siendo representativas de las condiciones de calidad que presentaban in situ.

3.3.2. Recolección de muestras de agua de pozos

Primero se preparó los envases que fueron utilizados, los cuales fueron lavados y desinfectados.

En segundo lugar se tomaron las muestras de agua provenientes de los pozos tubulares, lo cual se realizó de forma directa en la válvula de salida, en un chorro continuo para cada muestra.

Se rotularon las muestras de manera que sean claramente identificables, la información fue la siguiente:

- Identificación específica del punto de muestreo (coordenadas).
- Fecha y hora de toma de la muestra.
- Valor de la temperatura del agua al momento del muestreo
- Nombres y firma de la persona que tomó la muestra.
- Observaciones adicionales.

Los frascos fueron transportados utilizando un cooler de plástico con sustancia refrigerante para una conservación de las muestras.

3.3.3. Parámetros físicos

a. Conductividad eléctrica

Fundamento: para este análisis se considera la capacidad del agua para transportar una descarga eléctrica, la medición se realiza por el método

potenciométrico mediante un electrodo previamente calibrado que mide la conductancia del agua, cuyo valor es multiplicado por un factor (k) para obtener los resultados en las unidades de micro Siemens/cm.

Para la medición se requiere tomar la muestra de agua en cantidad de 50 ml en un beaker, luego se introduce el electrodo hasta que el cabezal esté completamente sumergido y realizar la lectura.

b. Temperatura

Fundamento: la medición se realiza de forma directa en la muestra de agua, por lo general se utiliza los °C como unidad, se utiliza diversos equipos con sensor con lectura digital, de ser necesario se puede realizar una calibración previa con un equipo certificado.

c. Sólidos totales disueltos

Fundamento: para la medición de los sólidos totales disueltos se recurre a equipos que utilizan el método de filtrado de partículas (residuos orgánicos y sales). Cuando un agua contiene un elevado valor de sólidos en suspensión se pierde la calidad del agua, inicialmente se pierde las cualidades organolépticas de una agua pura como son incoloras, inodoras e insípidas, la persona que consume agua con alto índice de sólidos siente un sabor desagradable, además de un color alterado, además de causar efectos fisiológicos adversos en el organismo.

Procedimiento: para su medición colocamos una muestra de agua de 40 ml, luego se introduce el sensor de medición del equipo conductímetro hasta obtener una lectura estable y anotar el resultado (Oscoco, 2019).

d. Turbidez

Fundamento: utiliza el procedimiento que mide la interferencia de la luz por partículas suspendidas en el agua bajo condiciones de medición específicas,

cuanto mayor dispersión de la luz se produce se espera valores más elevados de turbidez en el agua. Para la medición directa se utiliza el equipo denominado turbidímetro o nefelómetro, con el cual se obtiene una lectura directa de este parámetro, siendo la unidad de medidas las unidades nefelométricas de turbidez.

Procedimiento: se procedió a limpiar la celda de lectura y secada con papel secante, en ella se vierte una muestra de agua de 25 ml y se realiza la lectura en el equipo, el resultado se lectura en NTU.

Se recomienda mantener la muestra en refrigeración hasta el momento del análisis.

3.3.4. Parámetros químicos

a. Potencial de hidrogeniones (pH)

Fundamento: este parámetro es de rutina y su valor tiene como punto referencial el valor 7 (neutro), cuando los valores están por encima se señala que el agua es básica, mientras que si es menor a ella se indica que es ácida.

Procedimiento: para el análisis se requiere una muestra de agua de 40 ml en un vaso beaker, luego se introduce el sensor del equipo en forma de electrodo y la lectura es automática en pantalla, se espera unos segundos hasta una lectura estable y se anota la misma como resultado (Oscoco, 2019).

b. Sulfatos

Fundamento: para su medición se utiliza el método espectrofotométrico que utiliza el paso de la luz por un líquido, inicialmente la muestra se debe tratar con cloruro de bario para producir la formación de un precipitado de sulfato de bario, hasta el momento de producir una constante de turbidez, con esto se consigue que el paso de los fotones que componen la luz se atenúe, en el equipo espectrofotómetro se realiza la lectura de la transmitancia de la luz en

la muestra y luego la absorbancia con lo que por la conversión respectiva se obtiene la lectura de turbidez, la lectura se debe realizar a una longitud de onda de luz de 680 nm y el volumen recomendado de la muestra es de 25 ml en la celda.

Procedimiento: para la medición se requiere el equipo encendido y escoger la función de lectura de sulfatos, ajustar el equipo para utilizar una longitud de onda de 680 nm, la muestra de agua debe estar contenida en una celda estándar de volumen de 25 ml. Luego se agregó el reactivo específico para esta lectura denominado sulfaver 5 en la muestra, se presiona el botón de Enter y se obtiene el resultado en pantalla y los resultados son expresados en mg/l (Hernandez et al., 2012).

c. Dureza total

Fundamento: para summedición se utiliza la técnica de volumetría utilizando la solución EDTA, la cual se utiliza para obtener la lectura inicial de calcio y magnesio, para ello además se utilizan soluciones de ácido etileno diamino tetraacético como solución de titulación, el colorante que se utiliza para este análisis es el negro ericromo T.

3.3.5. Parámetros bacteriológicos

Fundamento: se utiliza la técnica de filtrado por membranas, que es rápida y simple en su realización, esta técnica es particularmente fiable cuando se utiliza la medición de grandes volúmenes de agua, es decir cuando las mediciones de control son diarias. Inicialmente se realiza el filtrado del agua utilizando un filtro de membrana con una porosidad específica de 0.45 micrones de diámetro, el cual tiene la capacidad de retener bacterias, para el filtrado se utiliza una bomba de vacío de succión. Para incubar la muestra obtenida se utiliza una placa de Petri con almohadilla, la cual contiene un medio de cultivo y se procede a incubar esta

muestra por un lapso de 24 horas a temperatura adecuada, finalmente se cuentan las colonias en un contado calibrado (Robles et al., 2013).

Procedimiento: Al inicio se realiza la limpieza profunda de los filtros y preparación del material de vidrio y otros instrumentos que serán utilizados, se rotula cada placa con los datos específicos de la muestra.

Se colocaron los medios de cultivo en las almohadillas para el cultivo de los microorganismos, las cuales se dividen en coliformes fecales y heterótrofos para cada caso. Las membranas son colocadas evitando la contaminación ambiental mediante el uso de un mechero Bunsen, las rejillas de la membrana deben ser colocadas hacia arriba, todo estos pasos se realizan para cada una de las placas utilizadas.

La dilución de las muestras: se deben realizar con volúmenes mínimos de agua cuando se supone una alta carga bacteriana, puesto que si los filtros son saturados por las mismas la lectura podría ser no confiable, para ello es posible realizar una serie de diluciones. Posteriormente las muestra fueron incubadas por un lapso de 24 horas a una temperatura de 35 °C y 44 °C en ese orden, en el caso particular de heterótrofos se debe realizar la incubación por 48 horas (Robles et al., 2013).

Materiales

- Envases de plástico de primer uso capacidad 1L
- GPS marca Garmin
- Guantes
- Cooler de 20L de capacidad
- Equipo Multiparámetro HANNA HI98129

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Calidad del agua: características químicas, físicas, biológicas, con las cuales se mide la condición del agua en relación con los requisitos para su consumo humano.

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Dimensión	Indicador	Índice
Calidad de agua	Parámetros físicos	● Conductividad	uS/cm
		● Temperatura	°C
	Parámetros químicos	● Sólidos totales disueltos	Mg/l
● Turbidez		NTU	
● pH		Unidades de pH	
● Sulfatos			
● Nitratos		Mg/SO ₄	
● Cloruros	Mg/NO ₃		
Parámetros microbiológicos	● Dureza total	Mg/Cl	
	● Coliformes totales	Mg/CaCO ₃	
	● Coliformes termotolerantes	UFC	
			UFC

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

El análisis estadístico fue descriptivo, mediante la utilización de un parámetro de tendencia central como la media o promedio y otro de desviación o variación como es la desviación estándar.

Para probar de manera estadística si los valores promedio de calidad de agua de los pozos cumplen con los límites permisibles se utilizó el estadístico de prueba Z, para comparar los valores obtenidos con los valores de límites máximos permisibles.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Parámetros físicos en el agua de pozos en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019.

Tabla 04. Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en pozos en el Centro Poblado de Moro Paucarcolla 2019.

Parámetro	Conductividad eléctrica
Muestra	($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Pozo 1	7230
Pozo 2	6290
Pozo 3	5970
Pozo 4	5430
Pozo 5	1430
Promedio	5270.00
D.E.	2244.06
LMP	1500

Fuente: Resultados de laboratorio

En la Tabla 4, se observa que el mayor valor de conductividad eléctrica se obtuvo en el Pozo 1 con $7230 \mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que el menor valor se obtuvo para el Pozo 5 con 1430 , en promedio para los cinco pozos se tiene $5270 \mu\text{S}/\text{cm}$, con una desviación estándar de 2244.06 .

Considerando el límite máximo permisible (LMP) de $1500 \mu\text{S}/\text{cm}$, el análisis estadístico mediante la prueba de Z para una muestra, indica la existencia de diferencia significativa ($p=0.001$), de lo cual se interpreta que la conductividad

eléctrica de los pozos del Centro Poblado de Moro es superior al LMP. Se determinó que de los cinco pozos, cuatro de ellos mostraron un valor superior al señalado, mientras que solo uno presentó un valor ligeramente menor al LMP.

Al respecto (Calsín, 2016) reportó en aguas subterráneas, que la conductividad eléctrica total fue de $1636.25 \pm 86.39 \mu\text{S/cm}$ en pozos artesanales y en pozos tubulares $1082.18 \pm 81.79 \mu\text{S/cm}$, nuestros resultados se hallan por encima de estos valores indicando la presencia de iones en solución, lo cual se explica porque la mayoría de las sustancias disueltas en este tipo de agua se hallan disueltas en estado iónico, las sustancias disueltas poco ionizadas o en estado coloidal son principalmente ácidos y aniones que se derivan de la sílice presente a esas profundidades.

Tabla 05. Temperatura (°C) en pozos en el Centro Poblado de Moro Paucarcolla 2019.

Parámetro	Temperatura
Muestra	(°C)
Pozo 1	17.9
Pozo 2	17.7
Pozo 3	17.8
Pozo 4	17.9
Pozo 5	17.8
Promedio	17.82
D.E.	0.08

Fuente: Resultados de laboratorio

En la Tabla 5, se observa la temperatura del agua, el mayor valor se obtuvo en los Pozos 1 y 4 con $17.9 \text{ }^\circ\text{C}$, mientras que el menor valor se obtuvo para el Pozo 2 con 17.7 , en promedio para los cinco pozos se tiene $17.82 \text{ }^\circ\text{C}$, con una desviación estándar de $0.08 \text{ }^\circ\text{C}$.

En lo relacionado a la temperatura Calsín (2016) reporta valores de $14.49 \pm 0.38 \text{ }^\circ\text{C}$ en pozos artesanales y en pozos tubulares $14.52 \pm 0.40 \text{ }^\circ\text{C}$, en nuestro estudio reportamos valores algo por encima del mismo, sin embargo la temperatura

tiene variaciones propias de las condiciones ambientales del lugar donde se ubican los pozos.

Tabla 06. Sólidos disueltos totales (mg/l) en pozos en el Centro Poblado de Moro Paucarcolla 2019.

Parámetro	Sólidos disueltos totales
Muestra	(mg/l)
Pozo 1	657.3
Pozo 2	865.21
Pozo 3	523.65
Pozo 4	712.14
Pozo 5	654.25
Promedio	682.51
D.E.	123.42
LMP	1000

Fuente: Resultados de laboratorio

En la Tabla 6, se observa que el mayor valor de sólidos disueltos totales se obtuvo en el Pozo 2 con 865.21 mg/l, mientras que el menor valor se obtuvo para el Pozo 3 con 523.65, en promedio para los cinco pozos se tiene 682.51 mg/l, con una desviación estándar de 123.42 mg/l.

Considerando el límite máximo permisible (LMP) de 1000 mg/l, el análisis estadístico mediante la prueba de Z para una muestra, indica que no existe diferencia significativa ($p=1.000$), de lo cual se interpreta que los sólidos disueltos totales de las aguas de los pozos del Centro Poblado de Moro, no superan el LMP. Se determinó que de los cinco pozos ninguno de ellos supera dicho valor.

(Calsín, 2016) indica para aguas subterráneas de pozos sólidos totales disueltos de 785.03 ± 41.12 mg/L en pozos artesanales y en tubulares 509.82 ± 41.20 mg/L, en nuestro estudio reportamos valores similares, los sólidos en suspensión se producen básicamente producto de la erosión, la materia suspendida

está formada por partículas muy pequeñas y que suelen afectar las características sensoriales del agua (Aurazo, 2004).

Tabla 07. Turbidez (UNT) en pozos en el Centro Poblado de Moro Paucarcolla 2019.

Parámetro	Turbidez
Muestra	(UNT)
Pozo 1	1.45
Pozo 2	1.24
Pozo 3	1.81
Pozo 4	1.05
Pozo 5	1.14
Promedio	1.34
D.E.	0.30
LMP	5

Fuente: Resultados de laboratorio

En la Tabla 7, se observa que el mayor valor de turbidez se obtuvo en el Pozo 3 con 1.81 UNT, mientras que el menor valor se obtuvo para el Pozo 4 con 1.05, en promedio para los cinco pozos se tiene 1.34 UNT mg/l, con una desviación estándar de 0.30 UNT.

Considerando el límite máximo permisible (LMP) de 5 UNT, el análisis estadístico mediante la prueba de Z para una muestra, indica que no existe diferencia significativa ($p=1.000$), de lo cual se interpreta que la turbidez de las aguas de los pozos del Centro Poblado de Moro, no superan el LMP. Se determinó que de los cinco pozos ninguno de ellos supera dicho valor.

Al respecto (Calsín, 2016) señala que la turbiedad del agua fue de 2.15 ± 0.39 UNT en pozos artesanales y en tubulares 3.09 ± 0.42 UNT, en nuestro resultados se reporta valores algo menores y que se atribuyen a la presencia de partículas en suspensión.

4.2. Parámetros químicos en el agua de pozos en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019.

Tabla 08. Potencial de hidrógeno (Unidades) en pozos en el Centro Poblado de Moro Paucarcolla 2019.

Parámetro	Potencial de hidrógeno
Muestra	(Unidades)
Pozo 1	7.451
Pozo 2	7.959
Pozo 3	7.849
Pozo 4	7.815
Pozo 5	7.048
Promedio	7.62
D.E.	0.37
LMP	6.5-8.5

Fuente: Resultados de laboratorio

En la Tabla 8, se observa que el mayor valor de potencial de hidrogeno se obtuvo en el Pozo 2 con 7.959 unidades, mientras que el menor valor se obtuvo para el Pozo 5 con 7.048, en promedio para los cinco pozos se tiene 7.62 unidades de pH, con una desviación estándar de 0.37.

Considerando el límite máximo permisible (LMP) de 6.5-8.5 unidades, el análisis estadístico mediante la prueba de Z para una muestra, indica que no existe diferencia significativa ($p=1.000$), de lo cual se interpreta que el potencial de hidrógeno de las aguas de los pozos del Centro Poblado de Moro, no superan el LMP. Se determinó que de los cinco pozos ninguno de ellos supera o está por debajo de dicho valor.

Respecto a este parámetro (Calsín, 2016) indica para otro estudio un pH total de 7.39 ± 0.08 UpH en pozos artesanales y en tubulares 7.14 ± 0.12 UpH, valores cercanos a los reportados en nuestro estudio, valor que se encuentra dentro del rango considerado como normal para este tipo de agua.

Tabla 09. Sulfatos (mg/l) en pozos en el Centro Poblado de Moro Paucarcolla 2019.

Parámetro	Sulfatos
Muestra	(mg/l)
Pozo 1	43.7
Pozo 2	41.78
Pozo 3	42.01
Pozo 4	41.78
Pozo 5	48.99
Promedio	43.65
D.E.	3.09
LMP	250

Fuente: Resultados de laboratorio

En la Tabla 09, se observa que el mayor valor de sulfatos obtuvo en el Pozo 5 con 48.99 mg/l, mientras que el menor valor se obtuvo para el Pozo 2 y 4 con 41.78, en promedio para los cinco pozos se tiene 43.65 mg/l, con una desviación estándar de 3.09 mg/l.

Considerando el límite máximo permisible (LMP) de 250 mg/l, el análisis estadístico mediante la prueba de Z para una muestra, indica que no existe diferencia significativa ($p=1.000$), de lo cual se interpreta que los sulfatos de las aguas de los pozos del Centro Poblado de Moro, no superan el LMP. Se determinó que de los cinco pozos ninguno de ellos supera dicho valor de referencia.

Los sulfatos pueden tener una acción laxante cuando son ingeridas en cantidades elevadas que superan la capacidad del intestino para absorberlos (Valderrama et al., 2010) sin embargo en nuestro estudio los valores hallados no superaron los valores permisibles para este parámetro químico.

Tabla 10. Nitratos (mg/l) en pozos en el Centro Poblado de Moro Paucarcolla 2019.

Parámetro	Nitratos
Muestra	(mg/l)
Pozo 1	24.8
Pozo 2	55.8
Pozo 3	1.24
Pozo 4	62
Pozo 5	43.4
Promedio	37.45
D.E.	24.73
LMP	50

Fuente: Resultados de laboratorio

En la Tabla 10, se observa que el mayor valor de nitratos se obtuvo en el Pozo 4 con 62 mg/l, mientras que el menor valor se obtuvo para el Pozo 1 con 24.8, en promedio para los cinco pozos se tiene 37.45 mg/l, con una desviación estándar de 24.73 mg/l.

Considerando el límite máximo permisible (LMP) de 50 mg/l, el análisis estadístico mediante la prueba de Z para una muestra, indica que no existe diferencia significativa ($p=0.872$), de lo cual se interpreta que los nitratos de las aguas de los pozos del Centro Poblado de Moro, no superan el LMP. Se determinó que de los cinco pozos, solo uno de ellos supera ligeramente dicho valor de referencia.

Respecto a los nitratos (Hernandez et al., 2012) señala que para la calidad del agua en pozos reporta la presencia de nitratos de origen antropogénico en un acuífero somero con valores máximos de 55.8 mg/l, sin embargo Montes (2009) indica un valor de 29.6 mg L⁻¹ y señala que su origen se encuentra en las actividades agrícolas y ganaderas presentes en la zona, en nuestro estudio reportamos un valor promedio mayor al indicado y su origen estaría también en las actividades agrícolas en la zona de estudio.

Tabla 11. Dureza total (mg/l) en pozos en el Centro Poblado de Moro Paucarcolla 2019.

Parámetro	Dureza total
Muestra	(mg/l)
Pozo 1	210.86
Pozo 2	171.24
Pozo 3	69.32
Pozo 4	114.47
Pozo 5	105.07
Promedio	134.19
D.E.	56.34
LMP	500

Fuente: Resultados de laboratorio

En la Tabla 11, se observa que el mayor valor de dureza total se obtuvo en el Pozo 1 con 210.86 mg/l, mientras que el menor valor se obtuvo para el Pozo 3 con 69.32, en promedio para los cinco pozos se tiene 134.19 mg/l, con una desviación estándar de 56.34 mg/l.

Considerando el límite máximo permisible (LMP) de 500 mg/l, el análisis estadístico mediante la prueba de Z para una muestra, indica que no existe diferencia significativa ($p=1.000$), de lo cual se interpreta que la dureza total de las aguas en los pozos del Centro Poblado de Moro, no superan el LMP. Se determinó que de los cinco pozos ninguno de ellos supera dicho valor de referencia.

Para la dureza total (Calsín, 2016) señala que el mismo superó los límites máximos permisibles en muestras de agua de pozos, si bien en nuestro estudio no se superó este valor, se obtuvo 134.19 mg/l en promedio lo que indica un alto nivel de minerales, como son las sales de magnesio y calcio, por lo que se puede catalogar a esta agua como dura.

Tabla 12. Cloruros (mg/l) en pozos en el Centro Poblado de Moro Paucarcolla 2019.

Parámetro	Cloruros
Muestra	(mg/l)
Pozo 1	457.43
Pozo 2	312.04
Pozo 3	304.95
Pozo 4	280.13
Pozo 5	92.19
Promedio	289.35
D.E.	130.35
LMP	250

Fuente: Resultados de laboratorio

En la Tabla 12, se observa que el mayor valor de cloruros se obtuvo en el Pozo 1 con 457.43 mg/l, mientras que el menor valor se obtuvo para el Pozo 5 con 92.19, en promedio para los cinco pozos se tiene 289.35 mg/l, con una desviación estándar de 130.35 mg/l.

Considerando el límite máximo permisible (LMP) de 250 mg/l, el análisis estadístico mediante la prueba de Z para una muestra, indica que no existe diferencia significativa ($p=0.250$), de lo cual se interpreta que los cloruros de las aguas en los pozos del Centro Poblado de Moro, en promedio superan el LMP. Se determinó que de los cinco pozos cuatro de ellos superan dicho valor de referencia.

Si bien el contenido en cloruros del agua no suele ocasionar problemas de potabilidad, cuando se encuentra en concentraciones elevadas puede dañar las tuberías de conducción y estructuras metálicas (Marín, 2006), en nuestro caso cuatro pozos superaron el límite máximo, por lo que se considera que para este parámetro el agua de pozos no cumple con la normatividad establecida.

4.3. Parámetros bacteriológicos en el agua de pozos en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019.

Tabla 13. Coliformes totales (UFC/100 ml) en pozos en el Centro Poblado de Moro Paucarcolla 2019.

Parámetro	Coliformes totales
Muestra	(UFC/100 ml)
Pozo 1	120
Pozo 2	230
Pozo 3	66
Pozo 4	110
Pozo 5	22
Promedio	109.60
D.E.	77.75
LMP	0

Fuente: Resultados de laboratorio

En la Tabla 13, se observa que el mayor valor de coliformes totales se obtuvo en el Pozo 2 con 230 UFC/100 ml, mientras que el menor valor se obtuvo para el Pozo 5 con 22, en promedio para los cinco pozos se tiene 109.60 UFC/100 ml, con una desviación estándar de 77.75.

Considerando el límite máximo permisible (LMP) de 0 UFC/100 ml, el análisis estadístico mediante la prueba de Z para una muestra, indica que existe diferencia significativa ($p=0.0001$), de lo cual se interpreta que los coliformes totales en las aguas en los pozos del Centro Poblado de Moro, si superan el LMP. Se determinó que de los cinco pozos todos superan dicho límite.

Respecto a los coliformes totales (Calsín, 2016) indica que en su estudio de aguas de pozos se superó el límite permisible de coliformes totales, así mismo (Cutimbo, 2012) indica que un 54% de pozos fueron declarados no aptos por superar el límite de coliformes totales. Del mismo modo en otro estudio se reporta

un 20.83% de pozos declaradas como no aptos por superar el número de coliformes totales (Caceda, 2015).

Tabla 14. Coliformes termotolerantes (UFC/100 ml) en pozos en el Centro Poblado de Moro Paucarcolla 2019.

Parámetro	Coliformes termotolerantes
Muestra	(UFC/100 ml)
Pozo 1	0
Pozo 2	0
Pozo 3	0
Pozo 4	0
Pozo 5	0
Promedio	0
D.E.	0.00
LMP	0

Fuente: Resultados de laboratorio

En la Tabla 14, se observa que los resultados para coliformes termotolerantes ninguna de las muestras de los pozos presentaron presencia de los mismos, por lo que no superan el LMP.

Respecto a este parámetro microbiológico (Montes, 2009) indica que los coliformes termotolerantes presentaron 6300 UFC 100ml-1, indicando una alta contaminación de las aguas de pozos subterráneos, en nuestro caso ninguna muestra presentó este tipo de contaminación.

4.1. Contrastación de hipótesis

4.1.1. Prueba de hipótesis para conductividad eléctrica

a. Hipótesis estadística

Ha: El valor de conductividad eléctrica supera el límite máximo permisible (1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

H0: El valor de conductividad eléctrica no supera el límite máximo permisible (1500 $\mu\text{S/cm}$).

b. Nivel de significancia

Se trabajó con el nivel de 95% de confiabilidad ($\alpha = 0.05$).

c. Estadística de prueba.

Prueba Z

Esta prueba estadística se utilizó para comparar un conjunto de valores contra un valor de referencia (1500), fórmula estadística fue la siguiente:

$$Z = \frac{X - \mu}{S / \sqrt{n}}$$

Donde:

Z: Valor calculado
 X: Promedio de las cinco muestras
 μ : Valor teórico a comparar
 S: Desviación estándar
 n: Número de datos

d. Valores de prueba

Parámetro	Conductividad eléctrica
Muestra	($\mu\text{S/cm}$)
Pozo 1	7230
Pozo 2	5430
Pozo 3	1430
Pozo 4	5970
Pozo 5	6290
Promedio	5270.00
D.E.	2244.06

e. Valor estadístico.

Los resultados fueron:

$$Z=3.757$$

El valor calculado se contrasta contra el valor tabular (crítico) que para 4 grados de libertad es de 1.645, como el valor es mayor se acepta la hipótesis alterna (H_a).

4.1.2. Prueba de hipótesis para coliformes totales

b. Hipótesis estadística

H_a : El valor de coliformes totales supera el límite máximo permisible (100 UFC/100ml).

H_0 : El valor de coliformes totales no supera el límite máximo permisible (100 UFC/100ml).

b. Nivel de significancia

Se trabajó con el nivel de 95% de confiabilidad ($\alpha = 0.05$).

c. Estadística de prueba.

Prueba Z

Esta prueba estadística se utilizó para comparar un conjunto de valores contra un valor de referencia (100), formula estadística fue la siguiente:

$$Z = \frac{X - \mu}{S / \sqrt{n}}$$

Donde:

Z: Valor calculado

\bar{X} : Promedio de las cinco muestras

μ : Valor teórico a comparar

S: Desviación estándar

n: Número de datos

d. Valores de prueba

Parámetro	Coliformes totales
Muestra	(UFC/100 ml)
Pozo 1	120
Pozo 2	230
Pozo 3	66
Pozo 4	110
Pozo 5	22
Promedio	109.60
D.E.	77.75

e. Valor estadístico.

Los resultados fueron:

$$Z=0.276$$

El valor calculado se contrasta contra el valor tabular crítico que para 4 grados de libertad es de 1.645, como el valor calculado es menor no se acepta la hipótesis alterna (H_a). Sin embargo se observó 3 muestras que superan el valor crítico (100), por lo que consideramos que este parámetro no cumple con los límites permisible.

CONCLUSIONES

- PRIMERO: Los parámetros físicos en el agua de pozo en el Centro poblado de Moro fueron, para conductividad eléctrica promedio de 5270 $\mu\text{S}/\text{cm}$ que supera el límite permisible (1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$), la temperatura promedio fue de 17.82 °C, los sólidos disueltos totales de 682.51 mg/l que se encuentra dentro de lo normal, la turbidez del agua fue en promedio 1.34 UNT que se halla dentro de lo normal.
- SEGUNDO: Los parámetros químicos en el agua de pozo en el Centro poblado de Moro fueron, para el pH el promedio de 7.62 unidades que se encuentra dentro de lo normal, los sulfatos con promedio de 43.65 mg/l que se halla dentro de lo normal, los nitratos con promedio de 37.45 mg/l que se encuentra dentro de lo normal, la dureza total con 134.19 mg/l que se encuentra dentro de lo normal, los cloruros con promedio de 289.35 mg/l dentro de lo normal.
- TERCERO: Los parámetros microbiológicos en el agua de pozo en el Centro poblado de Moro fueron, para coliformes totales un promedio de 109.60 UFC/100 ml superando el límite permisible (100 UFC/100 ml), los coliformes termotolerantes estuvieron ausentes en las cinco muestras de agua, por lo que el límite permisible.

RECOMENDACIONES

- PRIMERO: Realizar estudios sobre alternativas al uso del agua de pozos, por haberse determinado que algunos de sus parámetros no cumplen con la calidad requerida para su consumo directo.
- SEGUNDO: Realizar estudios en toda la región Puno con la finalidad de identificar aquellos pozos subterráneos que no cumplen con la calidad de agua requerida para el consumo humano directo.
- TERCERO: Realizar proyectos de inversión a nivel de municipalidades que permitan a la población contar con agua de calidad para su consumo, evitando así posibles problemas de salud pública por el consumo de agua no apta.

BIBLIOGRAFÍA

- Anduro, J. (2021). Diagnóstico de la calidad sanitaria del agua de pozo en comunidades del sur de Sonora, México. *Respyn Revista Salud Pública y Nutrición*, 16(1), 6.
- Apaza, R., & Calcina, M. (2014). Contaminación natural de aguas subterráneas por arsénico. *Revista de Investigación Altoandina*, 16(1), 51-58.
- Aurazo, M. (2014). *Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida* (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencia del Ambiente, p. 45).
- Caceda, C. (2015). *Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica en aguas de pozos subterráneos del Centro Poblado Viñani – distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, provincia Tacna 2015*. Universidad Privada de Tacna.
- Calsín, K. (2016). *Calidad física, química y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi III de la ciudad de Juliaca, Puno—2016*. Universidad Nacional del Altiplano.
- CEPIS. (2012). *Fundamentos para la caracterización de las aguas* (Primera). CEPIS.
- Curo, M. (2005). *Calidad Bacteriológica de Agua de Pozos de la Comunidad de Molloko – Acora*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Cutimbo, T. (2012). *Calidad Bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano en centros poblados menores de Yarada y los Palos del distrito de Tacna*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman-Tacna.
- Esparza, M. (2005). *Estudio para el mejoramiento de la calidad del agua de pozos en zonas rurales de Puno* (Primero; p. 35). Organización Panamericana de la Salud.
- González, G. (2012). *Microbiología del Agua Conceptos y Aplicaciones* (Primera). Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta). McGRAW-HILL.
- Hernandez, Y., Santacruz, G., & Charcas, H. (2012). Calidad del agua en pozos de la red

- de monitoreo del acuífero del Valle de San Luis Potosí. *Aqua-LAC*, 1(1), 49-59.
- Marín, G. (2006). *Fisicoquímica y Microbiológica de los medios Acuáticos Tratamiento y control de calidad de aguas* (Primera). Díaz de Santos S.A.
- Mendoza, C. (2011). *Microbiología y factores físicos de las aguas de las desembocaduras de los principales ríos tributarios del lago Titicaca*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Mondaca, M. (2013). *Agua potable para comunidades rurales, rehúso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas* (Departamento de Microbiología, p. 87). Universidad de Concepción de Chile.
- Montes, J. (2009). *Diagnóstico de la calidad de agua en pozos excavados de tres comunidades del Valle del Yeguaré, Honduras*. Universidad Nacional de Honduras.
- OMS. (2006). *Guías para la calidad del agua potable* (Guías calidad de agua, p. 74). Organización Mundial de la Salud.
- Oscoco, G. (2019). *Determinación de la calidad de agua subterránea para consumo humano*. Universidad Científica del Sur.
- Robles, E., Ramirez, E., Durán, A., Martínez, M., & Gonzáles, M. (2013). Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero Tepalcingo-Axochiapan, Morelos, México. *Avances En Ciencias e Ingeniería*, 4(1), 11.
- Rodríguez, M. (2007). Evaluación de la calidad físico- química y bacteriológica del agua subterránea en pozos criollos del municipio de Moa. *Agua y vida*, 1(1), 1-10.
- Sanchez, R., Benavides, C., Chaves, M., & Quirós, J. (2020). Calidad del agua para consumo humano en una comunidad rural: Caso Corral de Piedra, Guanacaste, Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 33(3), 3-16.
- SUNASS. (2003). *Análisis de la calidad del agua potable en las empresas prestadoras del Perú: 1995-2003* (Primero; p. 98). Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.

Valderrama, E., Ramirez, E., Ayala, R., Duran, A., & Sainz, M. (2010). Calidad del agua de tres pozos de la zona centro del acuífero Cuautla–Yautepec, Morelos, México. *Biocyt*, 3(3), 159-170.

ANEXOS

Anexo 1. Fotografías



Tomando una muestra de agua de pozo 2



Tomando una muestra de agua de pozo 3



Tomando una muestra de agua de pozo 4



Tomando una muestra de agua de pozo 5



Realizando la medición de pH en agua



Ingresando las muestras a laboratorio



Realizando análisis fisicoquímicos



Realizando análisis fisicoquímicos

Anexo 2. Resultados de análisis de laboratorio



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE AGUA

Análisis N°: 1254
Fecha de Entrada: 01 de Diciembre del 2020.
Fecha de Certificación: 09 de Diciembre del 2020.
Sistema de Riego:

Localización: Pozo 1. Esteban Rolando Sandoval Condori.

Determinaciones		
pH	7.451	
C.E.	7.23	25°C (mS/cm)
Sales Totales	5.19	(g/l)
Dureza Total	65.42	CaCO ₃ (G.H.F.)
Alcalinidad total	24480.00	CaCO ₃
R.A.S.	6.27	
S.C.R.	11.48	
Oxígeno Disuelto	2.50	(mg/l)
Temperatura	17.90	°C
CATIONES meq/l mg/l		
Calcio	6.70	134.26
Magnesio	6.30	76.60
Potasio	18.50	723.35
Sodio	16.00	368.00
TOTAL	47.50	
ANIONES meq/l mg/l		
Cloruros	12.90	457.43
Sulfatos	0.91	43.70
Carbonatos	0.00	0.00
Bicarbonatos	24.48	1493.52
TOTAL	38.29	

Representación grafica	Muy baja	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
pH					
C.E					
Sales Totales					
Dureza Total					
R.A.S.					
S.C.R.					
Índice de Scott					
Boro					
Sodio					
Nitratos					
Cloruros					
Bicarbonatos					

Otras Determinaciones	Resultado	
	meq/l	mg/l
Nitratos (N de NO ₃)	0.40	24.80



INIA ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANIQUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis SALCEDO

Clasificación Riverside: C6S4.
R.A.S: Agua no apta para el riego.
S.C.R: Agua no recomendable.
Tipo de Agua: Muy dura.
Diagnóstico y Recomendaciones: Agua no Válida.

www.inia.gob.pe Rinconada de Salcedo s/n
Puno. Puno. Perú
T: (051)363-812



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE AGUA

Análisis N°: 1250
Fecha de Entrada: 01 de Diciembre del 2020.
Fecha de Certificación: 09 de Diciembre del 2020.
Sistema de Riego:

Localización: Pozo 2. Esteban Rolando Sandoval Condori.

Determinaciones		
pH	7.959	
C.E.	6.29	25°C (mS/cm)
Sales Totales	4.50	(g/l)
Dureza Total	27.38	CaCO ₃ (G.H.F.)
Alcalinidad total	27180.00	CaCO ₃
R.A.S.	2.28	
S.C.R.	16.78	
Oxígeno Disuelto	3.40	(mg/l)
Temperatura	17.70	°C
CATIONES	meq/l	mg/l
Calcio	4.90	98.19
Magnesio	5.50	6.88
Potasio	21.30	832.83
Sodio	14.10	324.30
TOTAL	45.80	
ANIONES	meq/l	mg/l
Cloruros	8.80	312.04
Sulfatos	0.87	41.78
Carbonatos	0.00	0.00
Bicarbonatos	27.18	1658.25
TOTAL	36.85	

Representación grafica	Muy baja	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
pH					
C.E.					
Sales Totales					
Dureza Total					
R.A.S.					
S.C.R.					
Índice de Scott					
Boro					
Sodio					
Nitratos					
Cloruros					
Bicarbonatos					

Otras Determinaciones	Resultado	
	meq/l	mg/l
Nitratos (N de NO ₃)	0.70	43.40



INIA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
Jorge Canihuá Rojas
Jefe Laboratorio Análisis
Salcedo

Clasificación Riverside: C6S4.
R.A.S: Agua no aptas para el riego.
S.C.R: Agua no recomendable.
Tipo de Agua: Semi dura.
Diagnóstico y Recomendaciones: Agua No Válida.

www.inia.gob.pe Rinconada de Salcedo s/n
Puno. Puno. Perú
T: (051)363-812



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE AGUA

Análisis N°: 1251
Fecha de Entrada: 01 de Diciembre del 2020.
Fecha de Certificación: 09 de Diciembre del 2020.
Sistema de Riego:

Localización: Pozo 3. Esteban Rolando Sandoval Condori.

Determinaciones		
pH	7.849	
C.E.	5.97	25°C (mS/cm)
Sales Totales	4.27	(g/l)
Dureza Total	38.07	CaCO ₃ (G.H.F.)
Alcalinidad total	24800.00	CaCO ₃
R.A.S.	7.13	
S.C.R.	17.20	
Oxígeno Disuelto	4.40	(mg/l)
Temperatura	17.80	°C
CACIONES	meq/l	mg/l
Calcio	2.80	56.11
Magnesio	4.80	58.36
Potasio	21.20	626.92
Sodio	13.90	319.00
TOTAL	42.70	
ANIONES	meq/l	mg/l
Cloruros	8.60	304.95
Sulfatos	0.875	42.01
Carbonatos	0.00	0.00
Bicarbonatos	24.80	1513.04
TOTAL	34.27	

Representación grafica	Muy baja	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
pH					
C.E.					
Sales Totales					
Dureza Total					
R.A.S.					
S.C.R.					
Índice de Scott					
Boro					
Sodio					
Nitratos					
Cloruros					
Bicarbonatos					

Otras Determinaciones	Resultado	
	meq/l	mg/l
Nitratos (N de NO ₃)	1.00	62.00



INIA ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANIHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

Clasificación Riverside: C554.
R.A.S: Agua no aptas para el riego.
S.C.R: Agua no recomendable.
Tipo de Agua: Dura.
Diagnóstico y Recomendaciones: Agua No Válida.

www.inia.gob.pe Rinconada de Salcedo s/n
Puno. Puno. Perú
T: (051)363-812



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE AGUA

Análisis N°: 1253
Fecha de Entrada: 01 de Diciembre del 2020.
Fecha de Certificación: 09 de Diciembre del 2020.
Sistema de Riego:

Localización: Pozo 4. Esteban Rolando Sandoval Condori.

Determinaciones		
pH	7.815	
C.E.	5.43	25°C (mS/cm)
Sales Totales	3.89	(g/l)
Dureza Total	50.09	CaCO ₃ (G.H.F.)
Alcalinidad total	24820.00	CaCO ₃
R.A.S.	6.12	
S.C.R.	14.82	
Oxígeno Disuelto	4.20	(mg/l)
Temperatura	17.90	°C
CATIONES	meq/l	mg/l
Calcio	6.30	126.25
Magnesio	3.70	44.99
Potasio	16.10	629.51
Sodio	13.70	31.51
TOTAL	39.80	
ANIONES	meq/l	mg/l
Cloruros	7.90	280.13
Sulfatos	0.87	41.78
Carbonatos	0.00	0.00
Bicarbonatos	24.82	1514.26
TOTAL	33.59	

Representación grafica	Muy baja	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
pH					
C.E.					
Sales Totales					
Dureza Total					
R.A.S.					
S.C.R.					
Índice de Scott					
Boro					
Sodio					
Nitratos					
Cloruros					
Bicarbonatos					

Otras Determinaciones	Resultado	
	meq/l	mg/l
Nitratos (N de NO ₃)	0.90	55.80

Clasificación Riverside: C5S4.
R.A.S: Agua no apta para el riego.
S.C.R: Agua poco recomendable a dudosa.
Tipo de Agua: Dura.
Diagnóstico y Recomendaciones: Agua no Válida.



INIA ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANIUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

www.inia.gob.pe Rinconada de Salcedo s/n
Puno. Puno. Perú
T: (051)363-812



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE AGUA

Análisis N°: 1252
Fecha de Entrada: 01 de Diciembre del 2020.
Fecha de Certificación: 09 de Diciembre del 2020.
Sistema de Riego:

Localización: Pozo 5. Esteban Rolando Sandoval Condori.

Determinaciones		
pH	7.048	
C.E.	1.43	25°C (mS/cm)
Sales Totales	864.00	(mg/l)
Dureza Total	23.04	CaCO ₃ (G.H.F.)
Alcalinidad total	3980.00	CaCO ₃
R.A.S.	1.51	
S.C.R.	0.62	
Oxígeno Disuelto	4.60	(mg/l)
Temperatura	17.80	°C
CATIONES	meq/l	mg/l
Calcio	1.70	34.06
Magnesio	2.90	35.26
Potasio	15.80	617.78
Sodio	2.30	52.90
TOTAL	22.70	
ANIONES	meq/l	mg/l
Cloruros	2.60	92.19
Sulfatos	1.02	48.99
Carbonatos	0.00	0.00
Bicarbonatos	3.98	242.81
TOTAL	7.60	

Representación grafica	Muy baja	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
pH					
C.E.					
Sales Totales					
Dureza Total					
R.A.S.					
S.C.R.					
Índice de Scott					
Boro					
Sodio					
Nitratos					
Cloruros					
Bicarbonatos					

Otras Determinaciones	Resultado	
	meq/l	mg/l
Nitratos (N de NO ₃)	0.02	1.24



INIA ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE GANHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis SALCESO

Clasificación Riverside: C3S1.
R.A.S: Agua utilizables para el riego con precauciones.
S.C.R: Agua recomendable.
Tipo de Agua: Semi dura.
Diagnóstico y Recomendaciones: Agua Buena a admisible.

www.inia.gob.pe Rinconada de Salcedo s/n
Puno. Puno. Perú
T: (051)363-812

Ministerio de Salud
Personas que atendemos personas

DIRECCION REGIONAL DE SALUD - PUNO
LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL

Jr. José Antonio Encinas N°145 - Telef. 351519
E-mail: labrefdiresapuno@gmail.com / http://www.diresapuno.gob.pe



ENSAYO BACTERIOLOGICO DE AGUA
RESULTADOS DE ANALISIS
INFORME N° 121/2020

SOLICITANTE : ESTEBAN ROLANDO SANDOVAL CONDORI.
DIRECCION : PUNO.
FUENTE DE ORIGEN : POZO.
ESTACION DE MUESTREO : POZO.
VOLUMEN DE MUESTRA : ENVASE DE POLIETILENO DE APROX. 600 ml
FECHA DE RECEPCION : 30.11.2020.
FECHA DE ANALISIS : 30.11.2020.
LUGAR : DISTRITO PUNO, PROV. PUNO, REGION-PUNO.
REFERENCIA : MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO.

RESULTADOS:

N.O	PUNTOS DE MUESTREO	LUGAR/ DISTRITO	METODO ANALITICO FILTRMEMBRANA	RESULTADOS	
				COLIFORMES Totales (35 °C)	COLIFORMES Termotolerantes (44.5 °C)
01	MUESTRA N° 01.- P-1	PUNO	UFC/100 ml	120 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
02	MUESTRA N° 02.- P-2	PUNO	UFC/100 ml	230 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
03	MUESTRA N° 03.- P-3	PUNO	UFC/100 ml	66 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
04	MUESTRA N° 04.- P-4	PUNO	UFC/100 ml	110 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
05	MUESTRA N° 05.- P-5	PUNO	UFC/100 ml	22 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

UFC/100 ml = Unidad Formadora de Colonias por cien mililitros.
METOD DE ENSAYO: NUMERACION COLIFORMES TOTALES, COLIFORMES FECALES Y E COL. METODO ESTANDARIZADO DE TUBOS MULTIPLES. APHA, AWWA, WEF Par 9221B E. 21th ed. 2005



Puno, 07 de diciembre de 2020.



Anexo 3. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN POZOS TUBULARES DEL CENTRO POBLADO DE MORO, PUNO 2019						
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Metodología	VARIABLES	Dimensión	Indicador
¿Cómo es la calidad del agua de pozos para consumo humano en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019?	Determinar la calidad del agua de pozos en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019.	La calidad del agua en los pozos en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019 no son aptas para el consumo humano según la normatividad actual.	Tipo de investigación: El tipo de investigación será descriptiva, puesto que se tomará las muestras de agua tal como se encuentran en los pozos tubulares, sin modificación alguna por parte del investigador, las muestras reflejarán las condiciones en que se encuentren en ese momento, siendo representativas de las condiciones de calidad que presentan.	Calidad de agua	Parámetros físicos Parámetros químicos	<ul style="list-style-type: none"> •Conductividad •Temperatura •Sólidos totales disueltos •Turbidez •pH •Sulfatos •Nitratos •Cloruros •Dureza total •Coliformes totales •Coliformes termotolerantes
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas			Parámetros microbiológicos	

<p>-¿Cómo varían los valores de los parámetros físicos (conductividad, temperatura, sólidos totales disueltos, turbidez) en aguas de pozo en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019?</p> <p>-¿Cómo varían los valores de los parámetros químicos en aguas de pozo en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019?</p> <p>-¿Cómo varían los parámetros bacteriológicos en aguas de pozo en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019?</p>	<p>-Determinar los parámetros físicos en aguas de pozo en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019.</p> <p>-Determinar los parámetros químicos en aguas de pozo en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019.</p> <p>-Determinar los parámetros bacteriológicos en aguas de pozo en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019.</p>	<p>-Los parámetros físicos en aguas de pozo en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019 no cumplen con la normatividad vigente.</p> <p>-Los parámetros químicos en aguas de pozo en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019 no cumplen con la normatividad vigente.</p> <p>-Los parámetros bacteriológicos en aguas de pozo en el centro poblado de Moro, Paucarcolla 2019 no cumplen con la normatividad vigente.</p>				
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--