

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA EN POZOS DEL BARRIO 2

DE MAYO DE LA CIUDAD DE PUNO, 2022

PRESENTADA POR:

MARIA ELENA CALLA PARILLO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2023



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](#) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](#)

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

**EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA EN POZOS DEL BARRIO 2
DE MAYO DE LA CIUDAD DE PUNO, 2022**

PRESENTADA POR:

MARIA ELENA CALLA PARILLO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE



Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

PRIMER MIEMBRO



Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA

SEGUNDO MIEMBRO



Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

ASESOR DE TESIS



Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ciencias Naturales

Disciplina: Oceanografía, Hidrología y Recursos del agua

Especialidad: Contaminación y Prevención de la contaminación de aguas subterráneas.

Puno, 31 de enero de 2023.

DEDICATORIA

A DIOS por haberme guiado y brindado salud para cumplir con mis objetivos y metas y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre Albertina Parillo Quispe, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí y sé que desde el cielo guía mis pasos, quien supo haberme formado con buenos valores y principios, a mi padre Concepción Calla Choquepura, por haberme brindado su apoyo moral e incondicional, deseándome siempre mi superación personal y profesional.

A mi pareja, Juan Carlos Coyla Quispe, que siempre me dio el apoyo incondicional y la fortaleza para cumplir mis objetivos, a mis hijos WINER ALONSO Y MATHIAS EMIR que son mi motivación más grande para concluir con éxito este proyecto de tesis.

Maria Elena

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a DIOS por haberme guiado y formado mi camino correcto y ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

A la plana de docentes de INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de mi formación profesional.

A mi asesor M.Sc. Julio Wilfredo Cano Ojeda, por brindarme su apoyo, orientación y aportación intelectual en la elaboración de mi proyecto.

A los miembros de Jurados Dr. Esteban Isidro Leon Apaza, Mg. Elvira Anani Durand Goyzueta y M.Sc. Katia Elizabeth Andrade Linarez, por su importante participación en la elaboración de mi proyecto de investigación.

A mi hermano Edwin y mis hermanas Yhakeline, Patricia y Liseth, por su apoyo incondicional.

Maria Elena

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
INDICE DE ANEXOS	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1.1. Problema general	16
1.1.2. Problemas específicos	16
1.2. ANTECEDENTES	16
1.2.1. Antecedentes a nivel internacional	16
1.2.2. Antecedentes a nivel nacional.	18
1.2.3. Antecedentes a nivel regional	19
1.3. OBJETIVOS	22
1.3.1. Objetivo general	22
1.3.2. Objetivos específicos	23

CAPÍTULO II**MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

2.1. MARCO TEÓRICO	24
2.1.1. El agua	24
2.1.1.1. Calidad del agua para consumo humano	25
2.1.1.2. Recurso hídrico de aguas subterráneas	25
2.1.1.3. Índice de calidad del agua	26
2.1.1.4. Parámetros físicos	27
2.1.1.5. Parámetros químicos	29
2.1.1.6. Parámetros biológicos	32
2.2. MARCO CONCEPTUAL	33
2.3. MARCO NORMATIVO	34
2.4. HIPÓTESIS	35
2.4.1. Hipótesis general	35
2.4.2. Hipótesis específicas	35

CAPÍTULO III**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1. ZONA DE ESTUDIO	36
3.2. TAMAÑO DE LA MUESTRA	37
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	40
3.3.1. Procedimiento de la investigación	40
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	53
3.5. MÉTODO Y DISEÑO ESTADÍSTICO	53

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	
4.1. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	56
4.2. CÁLCULO EMPLEADAS PARA LA DETERMINACIÓN DEL ICA-NSF	64
4.3. CONTRASTACION DE HIPOTESIS	74
CONCLUSIONES	76
RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXOS	82

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Criterios de inclusión y exclusión	38
Tabla 02: Puntos de muestreo del proyecto de investigación	38
Tabla 03: Hoja de cálculo de ICA-NSF	51
Tabla 04: Rango de calidad del agua según ICA-NSF	52
Tabla 05: Operacionalización de variables	53
Tabla 06: Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado en ICA TEST 1.0 para el agua del primer punto	65
Tabla 07: Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado en ICA TEST 1.0 para el agua del segundo punto	67
Tabla 08: Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado en ICA TEST 1.0 para el agua del tercer punto	69
Tabla 09: Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado en ICA TEST 1.0 para el agua del cuarto punto.	71

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ubicación geográfica del barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno	37
Figura 02: Ubicación de los puntos de muestreo en la zona de investigación	39
Figura 03: Diseño del muestreo sistemático	41
Figura 04: Función de calidad NSF - Oxígeno disuelto	45
Figura 05: Función de calidad NSF - Coliformes fecales	46
Figura 06: Función de calidad NSF - Potencial de hidrógeno	46
Figura 07: Función de calidad NSF - Demanda bioquímica de oxígeno	47
Figura 08: Función de calidad NSF - Nitratos	47
Figura 09: Función de calidad NSF - Fósforo	48
Figura 10: Función de calidad NSF - Temperatura	48
Figura 11: Función de calidad NSF - Turbidez	49
Figura 12: Función de calidad NSF - Sólidos totales disueltos	49
Figura 13: Propuesta de Gráfico Ilustrativo que representa los rangos de calidad de agua según ICA - NSF	55
Figura 14: Variación del OD en los cuatro puntos de muestreo	57

Figura 15:	Variación de los coliformes fecales en los cuatro puntos	57
Figura 16:	Variación del pH en los cuatro puntos de muestreo	58
Figura 17:	Variación de DBO ₅ en los cuatro puntos	59
Figura 18:	Variación de nitratos en los cuatro puntos	60
Figura 19:	Variación de fosfatos en los cuatro puntos	61
Figura 20:	Variación de la temperatura en los cuatro puntos	62
Figura 21:	Variación de la turbidez en los cuatro puntos	63
Figura 22:	Variación de los STD en los cuatro puntos	64
Figura 23:	Representación gráfica de la Calidad del Agua determinado para el primer punto.	66
Figura 24:	Representación gráfica de la Calidad del Agua determinado para el segundo punto.	68
Figura 25:	Representación gráfica de la Calidad del Agua determinado para el tercer punto.	70
Figura 26:	Representación gráfica de la Calidad del Agua determinado para el cuarto punto.	72
Figura 27:	Variación del ICA-NSF en los cuatro puntos de muestreo	73
Figura 28:	Resultados del Laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería Química de la UNAP, para el punto 1.	83

- Figura 29:** Resultados del Laboratorio de Control de Calidad de la 84
Facultad de Ingeniería Química de la UNAP, para el punto
2.
- Figura 30:** Resultados del Laboratorio de Control de Calidad de la 85
Facultad de Ingeniería Química de la UNAP, para el punto
3.
- Figura 31:** Resultados del Laboratorio de Control de Calidad de la 86
Facultad de Ingeniería Química de la UNAP, para el punto
4.
- Figura 32:** Toma de muestra en los puntos determinados en la 87
investigación 1.
- Figura 33:** Toma de muestra en los puntos determinados en la 88
investigación 2.
- Figura 34:** Toma de muestra en los puntos determinados en la 88
investigación 3.
- Figura 35:** Toma de muestra en los puntos determinados en la 89
investigación 4.

ÍNDICE DE ANEXOS

		Pág.
ANEXO 01:	Panel fotográfico	82
ANEXO 02:	Formato APHA 2018	90
ANEXO 03:	Matriz de consistencia	94

RESUMEN

A nivel Mundial el agua es un recurso natural fundamental para la vida, su uso y acceso es una equidad para la humanidad y para los seres vivos en la que se debe garantizar su calidad para la salud y alimentación, es por ello que el presente trabajo de investigación tiene como objetivo general: evaluar la calidad del agua para consumo humano de acuerdo al índice de calidad NSF de los pozos subterráneos del barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno, 2022, la metodología para determinar los parámetros físico-químicos y microbiológicos fueron analizadas siguiendo métodos estándar APHA 2018 y para calcular el índice de calidad del agua se utilizó la fórmula establecida por el Protocolo de la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF) de los Estados Unidos, siendo los resultados para los parámetros físicos, químicos y microbiológicos los siguientes: oxígeno disuelto (6.20, 6.78, 6.82, 5.93 mg/L), coliformes fecales (0.99, 0.99, 0.99, 0.99 NMP/100ml), ph (7.69, 7.11, 7.5, 7.28), DBO₅ (1.99, 1.99, 1.99, 1.99 mg/L), nitratos (0.09, 0.09, 0.09, 46.2 mg/L), fósforo (0.05, 0.05, 0.05, 0.10 mg/L), temperatura (12.9, 12.9, 12.9, 12.9 °C), turbidez (0.56, 0.52, 0.63, 0.95 NTU), y sólidos totales disueltos (143.1, 138.9, 91.6, 115.8 mg/L) para los cuatro puntos respectivamente, finalmente se concluye que la calidad de agua según los ICA-NSF, en el primer punto de 73.03 (calidad buena), en el segundo punto de 73.00 (calidad buena), en el tercer punto de 73.786 (calidad buena), y en el cuarto punto de 65.631 (calidad Regular).

Palabras Clave: Índice de calidad NSF, físicos, químicos, microbiológicos y pozos subterráneos.

ABSTRACT

Worldwide, water is a fundamental natural resource for life, its use and access is an equity for humanity and for living beings in which its quality for health and food must be guaranteed, which is why the present research has as general objective: to evaluate the quality of water for human consumption according to the NSF quality index of the underground wells of the 2 de Mayo neighborhood of the city of Puno, 2022, the methodology to determine the physical-chemical and biological parameters were analyzed following APHA 2018 standard methods and to calculate the water quality index, the formula established by the protocol of the National Sanitation Foundation (NSF) of the United States was used, with the results for the physical, chemical and microbiological parameters being the following: Dissolved oxygen (6.20, 6.78, 6.82, 5.93 mg/L), fecal coliforms (0.99, 0.99, 0.99, 0.99 NMP/100ml), pH (7.69, 7.11, 7.5, 7.28), BOD5 (1.99, 1.99, 1.99, 1.99 mg/L), nitrates (0.09, 0.09, 0.09, 46.2 mg/L), phosphorus (0.05, 0.05, 0.05, 0.10 mg/L), temperature (12.9, 12.9, 12.9, 12.9 °C), turbidity (0.56, 0.52, 0.63, 0.95 NTU), and total dissolved solids (143.1, 138.9, 91.6, 115.8 mg/L) for the four points respectively, finally it is concluded that the water quality according to the ICA-NSF, in the first point of 73.03 (good quality), in the second point of 73.00 (good quality), in the third point of 73.786 (good quality), and in the fourth point of 65.631 (medium quality).

Keywords: NSF quality index, physical, chemical, microbiological, underground wells.

INTRODUCCIÓN

El Índice de Calidad del Agua (ICA), es la suma y promedio complicado de varios parámetros, que hacen la función de brindar un magnitud de un tipo de calidad del agua. Dicho índice podría ser presentado por un símbolo numérico, una medida, una representación de tipo verbal, o color. podrá utilizarse como punto de referencia ideal para mostrar información acerca de la calidad del ecosistema acuático afectado y también podrá examinar la vulnerabilidad o la susceptibilidad de un determinado caso del agua expuesta a la contaminación (Guimaraes, 2022).

El ICA-NSF (Fundación de Sanidad Nacional), es usado entre los diferentes índices de calidad de agua, y también podría utilizarse para hacer mediciones de cambios en la calidad del agua en diferentes tramos por separado de cuencas de agua, aguas de tipo subterránea entre otras, las que comparan la calidad del agua de diversos tramos de una misma cuenca y también haría el trabajo de comparar con la calidad de agua de diferentes cuencas que se encuentran en todo el mundo. Todo resultado que proviene del mencionado índice puede determinar el hecho de que un tramo en particular de alguna cuenca definida pertenece o no a un tipo saludable (Can et al., 2018).

Esta investigación se realizó en el barrio 2 de Mayo, ubicado en la ciudad de Puno. Se evaluó el Índice de Calidad Ambiental de tipo NSF en 04 puntos que son pertenecientes a pozos subterráneos del barrio antes mencionado, para poder llegar a evaluar la calidad del agua subterránea en la parte de abajo y en la parte alta de dicho barrio, con ello se pudo ver, cómo afecta la morfología de este lugar en el proceso de mejora de la calidad de agua que se realiza de una forma orgánica y natural o ver también sus implicancias (esto debido a las características ecológicas, geográficas, fisiográficas y biológicas del área en cuestión) que realizan la influencia en la variación de los parámetros de un determinado agua (Sandoval, 2021), cubriendo diferentes micro ecosistemas y otros factores antrópicos, que harían la influencia de forma directa en la calidad físico-química de un determinado tipo de agua (Vásquez, 2010). Es interesante saber la calidad del agua de el mencionado lugar para que se pueda establecer el uso correcto.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial el agua es un recurso natural fundamental para la vida, su uso y acceso es una equidad para la humanidad y la biodiversidad, por lo que se debe garantizar la salud y alimentación; en los últimos años, una preocupación aparece y es referente a la disponibilidad y calidad del recurso hídrico del agua, se pueden citar factores que hacen que disminuya la oferta del recurso hídrico del agua, existe como una fuente de contaminación el crecimiento explosivo de las poblaciones que, a su vez resulta como diferentes fuentes de contaminación y que altera su calidad. Las aguas de tipo subterránea como son las de pozos y como las aguas de tipo superficiales tales (ríos y lagos), poseen diversas formas de contaminación, las de tipo subterránea son casi difíciles de ser contaminadas en comparación de las agua de tipo superficial, y si ocurre la contaminación el proceso de descontaminación es difícil de hacer, para que el agua en mención eleve su calidad. El peligro más relevante y que tiene relación a la polución de aguas subterráneas, es que este puede ser aprovechada para el consumo del ser humano, otra forma de contaminación, es debido a la descarga sin control de aguas residuales urbanas que contienen excretas de humanos y animales, y mencionar

también factores físico-químicos y ambientales de carácter antropogénico (Caho & López, 2017).

En nuestro país, gran cantidad de población no tiene el libre acceso al agua potable, las personas que gozan de este recurso, no ingieren agua de calidad sino más por el contrario, ingieren agua contaminada. El Perú tiene poca llegada al servicio de agua potable, y esto en contraste de contar con gran cantidad de cuerpos de agua, la que está conformada por ríos, quebradas, lagos, lagunas y fuentes de agua subterránea, que generan la carencia de agua y que esté disponible para el consumo del ser humano; tanto en áreas urbanas como en áreas rurales, las familias y población se ven en obligación de acceder y construir pozos que, en la mayoría de veces carece de los criterios técnicos de tipo sanitario (Vásquez, 2010).

En la ciudad de Puno, en el barrio 2 de mayo, ubicada al norte de la ciudad, muchas de las familias tienen acceso a aguas de pozo, se consume agua de subsuelo de pozos artesanales que por su naturaleza, la vertiente de sus aguas son de calidad dudosa y contaminadas; causas desconocidas que conducen a que posiblemente sean por infiltraciones y percolación de aguas residuales domésticas y por la proximidad del cerro Azoguini, que en varios sectores pueden llegar a afectar a la calidad de las aguas de pozos subterráneos, así tenemos en la zonas de estudio, aguas que por sus características de flujo provocan un gran número de enfermedades incluyendo especialmente gastrointestinales como la amebiasis, disentería bacilar (Shigelosis), el cólera y enfermedades diarreicas como la producida por la bacteria *Escherichia coli*. A través del proceso de infiltración y percolación de ciertos componentes químicos naturales y artificiales, estas pueden contaminar severamente las fuentes de agua de los pozos subterráneos que de ella se abastecen, poniendo en riesgo la salud de los pobladores del barrio 2 de Mayo.

El presente trabajo busca contribuir al conocimiento sobre el estado de las fuentes subterráneas de agua que, para su gestión de tratamiento se requiere conocer su calidad en base a las características de estas aguas subterráneas de pozos, para consumo humano. Ante esta incógnita, se formulan las siguientes interrogantes de investigación.

1.1.1. Problema General

¿Cuál será la calidad del agua para consumo humano de acuerdo al índice de calidad NSF de los pozos subterráneos del barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno, 2022?

1.1.2. Problemas específicos

¿Cuáles serán los valores de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de pozos subterráneos para consumo humano del barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno?

¿Cuál será el índice de calidad del agua NSF para los pozos subterráneos para consumo humano, del el barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. A nivel internacional

Can et al., (2018), en su estudio que se dió en la provincia de Puebla, en la cual está centrado el área de investigación. El 80% del agua de tipo subterránea se usa para la actividad de la agricultura. La parte donde existe la mayor cantidad de agua y que a la vez se dispone, está ubicada en la Cuenca en orientación al oriente, donde se obtiene un determinado resultado que es suma de índices, y estos son mejor en cuanto a los parámetros cuando se requiere la evaluación de un agua, que contiene alto concentración de bicarbonato. Como resultado de un valor promedio del parámetro de

pH fue de 8.7. El resultado del contenido promedio de 492.75 mg L^{-1} en concentración y como un resultado de carácter de tipo sódico bicarbonatado de agua de tipo subterránea, de la mencionada cuenca, Al final se define por piedras de origen de tipo volcánico, con las que permanece en contacto. Las aguas de pozos subterráneos, están contenidas de baja concentración iónica, con promedios de hasta 244.37 mg L^{-1} , promedios de $1.80 \text{ mol}_c \text{ Na}^+ \text{ L}^{-1}$ y $2.16 \text{ mmol}_c \text{ HCO}_3^- \text{ L}^{-1}$. Las aguas que fueron investigadas de superficie que corresponden a las capas freáticas de más arriba, resultaron con concentraciones iónicas altas, con valores promedio de 865.31 mg L^{-1} , de $7.15 \text{ mmol Na}^+ \text{ L}^{-1}$ y $6.92 \text{ mmol}_c \text{ HCO}_3^- \text{ L}^{-1}$.

Valle & Laura (2021), analizaron parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos mediante medidores multiparamétricos y métodos volumétricos: potencial hidrógeno (pH), oxígeno disuelto (OD), temperatura (T) conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (SDT), nitratos (N), sulfatos (S), calcio (Ca), cloruros (Cl^-), dureza total (DT), coliformes totales (CT) y fecales (CF). . Con los resultados de los parámetros se calculó el ICA para las tres subzonas de la zona semáforo, obteniendo una interpretación de excelente a malo durante la época de secas y de buena a malo en época de lluvias.

Gutierrez et al., (2019), en su investigación se comprueba el comportamiento respecto del índice ICACOSU durante la travesía en la microcuenca denominada Los Pozos Aquitania y el impacto de toda variante temporal respecto a su calidad de agua, ello haciendo una relación con actividades antrópicas que se encuentran en sí misma. Al realizar la evaluación de la calidad de agua de esta microcuenca, y a su vez identificando el impacto de los factores antropogénicas dentro del sistema, debido a ello se usará el tipo de investigación descriptivo, el cual nos va a permitir conocer la calidad de agua de esta microcuenca Los Pozos Aquitania en sus tres puntos más resaltantes: el punto de nacimiento, la estación hidrográfica denominada Criadero y finalmente en su

desembocadura hacia el Lago de Tota; durante se tiene en consideración la variabilidad que se puede presentar en la precipitación, agregando que se realizarán un par de ensayos de trazadores en un par de tramos de la corriente con el fin de determinar cuál es su coeficiente de dispersión y qué tiempo de viaje toma el trazador, ello como parte de la información extra de la investigación.

1.2.2. A nivel nacional

Guimaraes (2022), En la asignación de pesos de ponderación para cada parámetro del agua, indica que cada parámetro del agua, tiene que relacionarse con la importancia de los usos pretendidos, con incidencia de que cada variable tenga importancia en el índice de la calidad del agua, en el caso del ICA para aguas superficiales, el mayor peso se debe otorgar a los parámetros de OD, DBO, nitratos, sólidos suspendidos y coliformes totales. En caso del Índice de Calidad Ambiental que son aplicables a diferentes fuentes de agua que son usadas para potabilización, las que además agregan de las evaluaciones de parámetros anteriormente mencionados, también deberá considerarse con mayor promedio de peso, al nitrógeno, nitratos, color, As y boro.

Vásquez (2019), en su trabajo de investigación, utilizó la metodología de análisis se siguió de acuerdo al parámetro a analizar según las normas internacionales para la caracterización de la calidad del agua (APHA-AWWA-WPCF, 1992) las cuales se encuentran incluidas en los denominados “Métodos normales para el examen de las aguas y Aguas residuales “(Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater) y los Estándares de Calidad para Aguas (ECA), establecidos en la Ley de recursos hídricos y las normas técnicas peruanas de INDECOPI referido a calidad del agua. Con los resultados obtenidos se demostró que todos los puntos muestreados tienen contaminación por coliformes totales y coliformes termotolerantes que superan los estándares de calidad para aguas. Así mismo se observó que los indicadores

fisicoquímicos y bacteriológicos que se presentan con mayor intensidad en las aguas de lixiviación con respecto a las demás fuentes en el área son: DQO, DBO₅, nitrógeno amoniacal, nitratos, dureza, nitrógeno orgánico, cloruros, cromo, níquel, mercurio, coliformes totales.

Chong (2018), realiza un trabajo de investigación cuyo objetivo fue el análisis de la calidad de agua en pozos subterráneos, en dicho trabajo usa una metodología que estaba de acuerdo al Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 21th edition, 2005 (AWWA, APHA, WPCF). En ello se hace una evaluación del grado de permeabilidad del suelo del suelo de ese terreno con el fin de poder realizar una determinación acerca de la sencillez o dificultad del subproducto del drenaje que presenta ese suelo en cuestión para que se pueda realizar una correlación entre el retraso o la agilidad de contaminación del agua subterránea que pasa infiltraciones. Respecto al método de ensayos que sirvieron en la determinación del suelo y su clasificación se encuentra acorde a las siguientes normas técnicas NTP 339. 128 ASTM - D 422, para llevar a cabo el análisis granulométrico se basa en la NTP 339. 134 ASTM - D 2487 que proviene de la Clasificación de Suelos, Sistema SUCS. Al evaluar la tasa de morbilidad respecto a dicho suelo, durante los años 2004 a 2008 este cumple el rol referente y genera distintas enfermedades que por lo general podría ser generadas por el consumo de esta agua contaminada debido a microorganismos de tipo fecal que presenta..

1.2.3. A nivel regional

Sandoval (2021), utilizó la metodología que 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 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 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. 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).

Rodriguez (2021), en su proyecto de investigación que refirió a niveles de contenido de concentración de As arsénico, en pozos de agua de tipo subsuelo del lugar Centro Poblado de Coata, en el que tuvo como objetivo, evaluar los grados de concentración de As arsénico en pozos de Centros Poblados - Coata. Siendo el método descriptivo, no probabilístico, de tipo explicativo y también transversal, en donde no se modifica la variable que fue elegida. La investigación es no experimental, puesto que se verá cómo se desenvuelven de forma natural, sin que intervenga en su proceso de desarrollo. La metodología que se utilizó en la investigación, fue de selección para una muestra, la que utilizó el muestreo de tipo no probabilístico por conveniencia, siendo el que más resalto, por la facilidad de acceso al área de la muestra, el estudio se hizo en los meses de abril a septiembre; del año 2019; para ello se tomó 06 puntos de muestra. Los resultados obtenidos fueron que los pozos N° 03 y 04 superan el nivel de As mientras que los pozos N° 01 y 02 están por debajo de los LMP, los pozos N° 05 y 06 no presentan concentración de As en ningún mes, que fue monitoreado. La conclusión fue que el análisis de los niveles de concentración de As, mostró que en los meses de (abril a septiembre), los niveles de As en el pozo N° 04 presentó los niveles de tipo alto, en contraparte, en el pozo N° 01 existe alta variabilidad, la que es de menor concentración de As.

Percca (2021), realizó su trabajo de tesis en la ciudad de Huata, Puno, con el objetivo principal de: evaluar el grado de contaminación por As en aguas de pozo y que tenían destino para consumo del ser humano, acorde a los Límites Máximos Permisibles (LMP). La investigación fue cuantitativa, con diseño de tipo comparativo, descriptivo no-experimental y utilizando el método de tipo analítico de espectrofotometría de Plasma de Emisión Óptica conocido como ICP - OES para poder lograr la determinación de la concentración de As, en tanto que, para determinar la concentración de dureza total como CaCO_3 , se logró a través de procesos de laboratorio (SMEWW - APHA - AWWA - WEF Prt.2340 b, 22nd Ed. Hardness by calculation). La técnica utilizada fue acorde a la Norma Técnica "Resolución Directoral 160-2015-DIGESA/SA". Los instrumentos utilizados fueron: ficha técnica y cadena de custodia. Los principales resultados refieren a que se encontró que el As, tuvo similitud de variantes en cada pozo de subsuelo, en cuanto el lugar Viscachani I, en el pozo dos, obtuvo una concentración de 0.0232 mg/l de As, la que fue la más alta, por otra parte, la dureza total en forma de CaCO_3 tuvo un valor de 2719 mg/l, de la misma forma, la c.e. tuvo valor de 7700 $\mu\text{S}/\text{cm}$, resultados que nos llevaron a hacer la deducción acorde al coeficiente 0,954 de correlación de Pearson a la confianza de 95%, la cual fue alta y la posibilidad de ser de origen de tipo geológico en el As, y no de origen antropogénico. De la misma forma, de importancia es el pH todos los resultados mayor a 7, como resultado alcalino, que muestra la aparición de metales pesados el que es el As de tipo inorgánico, con un estado de oxidación +3, trivalente (III) el que es mayor toxico y se comporta como metal en aguas de tipo subterráneas.

Choque (2021), mostró resultados físicos y químicos de un agua de tipo manantial los que indican la calidad del agua que está en función de los parámetros que ya se encuentran establecidos en la normativa actual. En la actualidad la preocupación por la

escasez del recurso hídrico la que es provocada por actividades del hombre y en menor parte de tipo natural, ha logrado que se incremente el calentamiento global lo que pone en riesgo el desarrollo sustentable para el futuro. La investigación realizada en el agua de manantial Unkuñani que está ubicado en la región de Puno, centro poblado de Yanamayo, agua de manantial que en la actualidad abastece a 45 familias del Barrio Alto Huascar, y sus objetivos fueron: Evaluar la calidad de agua, determinar los valores físicos y químicos, y finalmente, realizar la similitud con los valores físicos, químicos analizados, la metodología realizada consistió en la toma de muestras en 2 puntos y el métodos de estadístico de tipo descriptivo, se llegaron a las conclusiones que al momento de analizar los parámetros químicos en el agua de manantial Unkumañi se encontró los valores de ph de 7.185, dureza total CaCO_3 de 94.95 mg/l, alcalinidad total una media de CaCO_3 76.7 mg/l, total de sólidos disueltos una media de 231.25 mg/l, cloruros una media de 23.05 mg/l, sulfatos una media de SO_4 16.1 mg/l, en los parámetros físicos, color (0)pt/co, turbiedad 1.58 UNT, conductividad 253.6 (μS /cm), y finalmente la temperatura 13.1 °C, dichos resultados indican un 91.67% de cumplimiento con la normativa actual de los ECA para el agua, DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM, comentar finalmente que los valores se encuentran dentro de los parámetros establecidos y con un proceso de potabilización tradicional de clarificación puede ser apto para el consumo y uso humano.

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la calidad del agua para consumo humano de acuerdo al índice de calidad NSF de los pozos subterráneos del barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno, 2022.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de pozos subterráneos para consumo humano del barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno.
- Calcular el índice de calidad del agua NSF para los pozos subterráneos para consumo humano, del barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. El agua

El agua es un compuesto, que tiene 02 átomos de hidrógeno y 01 átomo de oxígeno H_2O y es encontrado en estado sólido como hielo, de forma gaseosa como vapor y de forma líquida como agua. En cuanto a las propiedades físicas y químicas que tiene el agua, es de vital importancia para la existencia y supervivencia de los ecosistemas. Tiene una gran capacidad calorífica. Absorbe bastante calor sin la necesidad de incrementar su temperatura. La equivalencia es que 1g de agua absorbe una 1 cal para incrementar su temperatura en $1^{\circ}C$. Debido a la alta capacidad calórica, se requiere bastante incremento de calor para alterar apreciablemente su temperatura de una determinada cantidad de agua y, por lo cual, una cantidad de agua podría tener un efecto estabilizante en la temperatura de regiones aledañas. Esta cualidad impide alteraciones súbitas en la temperatura de cantidades de agua, cuidando a los microorganismos acuáticos de las abruptas variaciones de temperatura. El contenido del agua en las células vivas es aprox. el 80% y esta cualidad protege a las moléculas que están en estado disuelto o que estén contenidas por agua (Cirelli, 2012).

2.1.1.1. Calidad del agua para consumo humano

Los parámetros que son de tipo físico, químico y biológico, las que son indicadores de un tipo de calidad del agua, estas dan varias facilidades (PA-US., 2013), las que presentan la mayor parte de sistemas acuáticos de tipo continental, la originalidad de tipo sedentaria de microorganismos, la facilidad metodológica y la confiabilidad grande, hace que los métodos utilizados son una herramienta ideal para la vigilancia del hecho ecológico en las aguas de tipo dulce; es por ello que, se elaboraron normas para la calidad, las que están basadas en la determinación de concentraciones máximas permisibles de un determinado elemento o compuesto (Cohn, Cox, & Beger, 2002). Para esto son propuestos, el uso de instrumentos de calidad de agua, las cuales consisten en analizar los parámetros físico-químicos y microbiológicos (Baque-Mite et al., 2016).

2.1.1.2. Recurso hídrico de aguas subterráneas

El ciclo del agua da inicio con la evaporación del agua y este inicia en todos los océanos, es así que el vapor de agua es condensado en la atmósfera de nuestro planeta y para luego precipitarse en la forma de precipitación o también en forma de granizo o nieve. También contribuye la transpiración de las plantas a dicha condensación y esto sucede en nuestra atmósfera terrestre. Una gran parte de la lluvia no llega a caer en la superficie de la tierra, esta se evapora en la caída para luego regresar a nuestra atmósfera terrestre; la otra parte es cogida por la flora, construcciones, entre otros. La proporción que alcanza al suelo, una gran parte es deslizada por gravedad a los puntos más bajos, la que es llamada escorrentía de la superficie, esta es responsable de la erosión y el que es arrastrado en sedimentos, esta también puede dirigirse a ríos, a los lagos, a las lagunas y también al mar; y la otra parte es encharcada; la otra parte es filtrada en el interior de la nuestra tierra, en donde una gran parte se queda retenida en un área que no es saturada, en tanto otra parte llega a un área saturada, los que son los acuíferos. Las aguas de tipo

subterránea muestran en torno al veintidós por ciento del total de agua de tipo dulce de nuestro planeta tierra. Las aguas de tipo subterránea son importantes como un recurso del agua, ya que forma la mayor fuente de agua dulce que es libre y de acceso. El rol en nuestro ecosistema es fundamental, ya que mantienen los manantiales, los lagos, las lagunas, los humedales y los ríos. Así hacen la función de regular el agua dulce y el agua salada en acuíferos de la costa (AECID, 2017).

2.1.1.3. ICA (Índice de calidad del agua)

El ICA es la herramienta que logra identificar un tipo de calidad de agua de un determinado cuerpo de la superficie o de tipo subterránea en un determinado tiempo. En totalidad el Índice de Calidad, agrega valores de diferentes parámetros físico-químicos y microbiológicos, en una ecuación algebraica, en la que se examina el estado de un agua. A través del Índice de Calidad del Agua se realiza análisis de forma general de la calidad del agua en diversos niveles, y también se determina la vulnerabilidad del cuerpo de agua expuesto a peligros altos. Este instrumento se origina como alternativa, para una evaluación de cuerpos de agua y que permite, que procesos de formulación de políticas públicas funcionen, haciendo un seguimiento de impactos positivos, sean los más eficientes. Actualmente hay diferentes métodos para la evaluación de calidad de agua de un determinado cuerpo; la diferencia entre las dos comienza en la forma de hacer el cálculo y también de los parámetros que se tienen para la formulación de un índice determinado. En un determinado cuerpo de agua de tipo léntico. El aplicar los ICA son nuevos, el desarrolló de un índice de tipo limnológico para distintos humedales, los que emplean los parámetros y límites que ya están establecidos por la normativa para un agua de tipo potable; en los que se emplean un índice similar, pero con variación en parámetros físico - químico y biológico que son. Lo que muestra que existen muchos métodos y metodologías para poder determinar la calidad de agua en los humedales

(Caho & López, 2017). Para determinar el índice de calidad de agua, se evalúan 09 parámetros, los que son: coliformes fecales (NMP/100 mL), pH (unid. pH), demanda bioquímica de oxígeno en 5 días (DBO_5 mg/ L), nitratos (NO_3 mg/L), fosfatos (PO_4 mg/L), temperatura ($^{\circ}C$), turbidez (NTU) , sólidos disueltos totales (mg/ L) y oxígeno disuelto (OD % saturación) (SNET, 2020)

2.1.1.4. Parámetros Físicos

a. (pH) Potencial de hidrogeniones

El pH es una medida de cuán alcalina o ácida es una solución, cuanto más ácido es, más activo son los fragmentos de H (cargados de forma positiva) en una solución. Y si hay menor actividad, la muestra será de tipo alcalina (Hannainstruments, 2022).

b. Conductividad eléctrica

La c.e. es una medida de la cantidad física que menciona, hasta qué lugar una determinada sustancia puede conducir el fluido eléctrico. Esta puede decidir si una sustancia es adecuada como un aislante o si tal vez funciona como conductor de tipo eléctrico. Se puede utilizar para la identificación de sustancias. La c.e. es portadora de carga en constante movimiento. Esto es causante de la diferencia de voltaje entre polos positivo y negativo. El material que es usado entre dos polos, dependerá de la medida de la magnitud de la c.e. que pasa a través de un voltaje determinado. El cociente de la corriente (I) y el voltaje (U) se llama c.e. La r.e. demuestra la reciprocidad de conductancia, la resistencia eléctrica de tipo específica es directamente proporcional de la conductividad, la magnitud de la c.e. Se muestra indirectamente proporcional y se obtiene haciendo la medición de la corriente eléctrica que se establece en el voltaje, que es colocado en condiciones ya establecidas. También es necesario tener en cuenta que la c.e. es directamente dependiente de la T. La relación que se da entre la cantidad eléctrica

y una determinada temperatura es investigada a mayor caso en los elementos de tipo termoeléctrico (Linseis, 2019).

c. Temperatura

La temperatura es una magnitud de energía cinética de las moléculas de agua (H₂O). También esta es medida en una escala de tipo lineal de grados °C o °F. Es un parámetro muy importante de la calidad del agua. La temperatura puede afectar a la química del agua y a las funciones de los organismos y también de los microorganismos que están en el agua. La temperatura también puede afectar al monto de oxígeno que disuelve el agua, y por ende a la cinética de la fotosíntesis de algas y plantas en el interior, afecta de la misma forma a la velocidad metabólica de los micro y organismos, afecta a la sensibilidad de microorganismos de desechos tóxicos, parásitos, enfermedades y en épocas de reproducción, migración y estibaje de microorganismos del agua. La temperatura es un parámetro físico que ayuda a medir la sensación de calor y frío. Vista al microscopio, la T, es la suma de una cantidad generosa de energía cinética en el interior de una molécula de agua. Esto también puede deberse a la falta de árboles en las orillas o alrededor del río, lo que significa que no hay mucha sombra. Finalmente podría deberse a aguas de escorrentía urbanas. (Waterboards, 2022).

d. Sólidos totales disueltos

Es una medida de sustancias en una muestra de agua que son más pequeñas que 2 micrones (dos millonésimas de metro) y no se pueden eliminar con filtros convencionales. TDS es básicamente una sumatoria de los minerales y sales disueltas y es indicador de la calidad del agua. Estados Unidos ha incluido los TDS como contaminante secundario. Agencia de Protección Ambiental (USEPA), y puede alcanzar hasta 500 mg/l en agua potable. Este estándar secundario se desarrolló porque un nivel alto de TDS puede enturbiar el agua y reducir su sabor. Las personas que no toman agua con alto contenido

de TDS experimentan molestias gastrointestinales una vez tomen dicha agua. Los TDS interfieren con los equipos de tratamiento, lo que es importante cuando se instalan sistemas para tratar el agua. El tratamiento del agua que contenga alto contenido de TDS se realiza por ósmosis inversa o también por procesos de destilación. (Sigler & Bauder, 2021).

e. Turbidez

La turbidez es resultado de la medida del agua donde pierde su transparencia y claridad la que es producto de partículas en suspensión. Cuanto más es la cantidad de sólidos en suspensión exista, mayor contaminada, sucia y con más contenido de turbidez aparecerá. La turbidez es un parámetro que define la calidad del agua. Las partículas que están suspendidas, hacen la tarea de absorber el calor de rayos ultravioleta y elevan la temperatura del agua, los que reducen la concentración de oxígeno en agua, en la que el oxígeno es soluble. Así también los microorganismos no existen en altas temperaturas. Las partículas suspendidas hacen que se disperse la luz y hacen que se reduzca la fotosíntesis de la fauna, lo que genera disminución de la concentración de oxígeno. Los ríos y lagos que son poco profundos son llenados rápidamente a medida que las partículas son depositadas en el fondo de ellos (Induanalisis, 2022).

2.1.1.5. Parámetros Químicos

a. Dureza total

La dureza es resultado de la presencia de iones metálicos en forma divalent, que reaccionan con el jabón para dar el resultado de depósitos y reacciona con otros aniones en el agua e incrustaciones en objetos. Los principales cationes que producen la dureza en el agua y los aniones asociados con estos son: Ca^{++} HCO_3^- , Mg^{++} $\text{SO}_4^{=}$, Sr^{++} Cl^- , Fe^{++} NO_3^- , Mn^{++} SiO^{-3} . En lo mínimo , Al^{+++} y Fe^{+++} estos son llamados como iones, lo que produce la dureza. Otra forma de ver la dureza es, lo mismo que la cantidad de

concentración de cationes de tipo polivalente en el agua. de forma sanitaria, el agua dura es buena para el consumo humano, así como las aguas de tipo blanda; pero, un agua de tipo dura necesitará gran cantidad de jabón para poder formar espuma y esta ocasionará dificultades para el lavado; así también aparecera lodo e incrustaciones en una determinada superficie en la que está en contacto, como también en contenedores, calderas o calentadores, donde se eleva altamente la temperatura. El límite máximo para este parámetro para consumo humano es 160 mg CaCO_3/L . Para agua de calderas de una presión intermedia, el límite máximo es 1 mg/L y calderas de presión alta es 0.07 mg CaCO_3/L , finalmente para agua de enfriamiento 650 mg CaCO_3/L (IDEAM, 2022).

b. Cloruros

Los cloruros son sales que se forman de combinaciones de gas Cl_2 con un metal. El Cl_2 es tóxico y utilizado como medio de desinfección, y cuando se combina con un metal, como el sodio, es fundamental para la vida, esto por que, en pocas cantidades los cloruros son necesarios para el proceso celular de los seres vivos. En nuestra naturaleza las sales de NaCl, NaK, y NaCa se encuentran distribuidas, la solubilidad en agua es: 357, 344, 745 g/L. El ión cloruro, en forma de ion Cl^- , es uno de los aniones que son primordiales en agua, este contenido proviene de las fuentes naturales, aguas de tipo residual y vertidos de empresas. El efecto en el ser humano puede estar en forma general relacionado con el ion de Na (García & Reyes, 2017).

c. Nitratos

Los niveles de nitratos y nitritos en el agua natural son indicadores de gran importancia de la calidad del agua. Los dos se ven relacionados con el ciclo del N_2 de suelo y plantas. Los nitratos son agregados de fertilizantes, los que hacen la generación de niveles más altos. Los nitritos son originados en la biodegradación de nitratos, también en nitrógeno amoniacal y también en otros compuestos orgánicos nitrogenados, son de

utilidad como indicadores de contaminación de tipo fecal en aguas. A los nitratos no se los considera tóxicos, pero, el consumo de altas cantidades, origina efectos diuréticos. Así también, los nitritos generan compuestos cancerígenos, las nitrosaminas, en su reacción con las aminas secundarias o terciarias, también hace la tarea de interactuar con glóbulos rojos en la sangre, lo que da lugar a la metahemoglobinemia, produciendo que pase el transporte de O_2 a nuestro cuerpo (Cabrera et al., 2003).

d. Demanda bioquímica de oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno es la proporción y cantidad de oxígeno que es absorbido por todos los organismos y microorganismos, en especial las bacterias de tipo aeróbicas o anaeróbicas, en la descomposición de una materia orgánica. Es utilizada para medir grados de contaminación. La DBO es un factor biológico, es delicado y conlleva tiempo. El proceso en el que se descompone dependerá de la temperatura y se da en 5 días a temperatura de 20 °C. En general, cuanto más contaminación hay más DBO (Col, 2022).

e. Fosfatos

Los componentes del elemento P son nutrientes de plantas y conlleva el crecer de algas a nivel superficial. Dependerá de la concentración de fosfato que existe en agua, podrá producirse la eutrofización. 1g de PO_4 -P da el resultado de incrementar hasta 100 g de algas. Las algas que mueren durante los procesos de descomposición generan una demanda de oxígeno de 150g. Las concentraciones para eutrofizar incipientemente están entre 0,1 - 0,2 mg/l de PO_4 -P en el agua y 0,005 - 0,01 mg/l PO_4 -P en el agua sin moverse. Como existe un peligro alto para aguas a un nivel superficial, la directiva de EU genera valores límite para un determinado vertido de compuesto de PO_4 - a aguas que servirán como receptor. La relación del tamaño de la EDAR, estos valores son 2 mg/l P total (10.000 – 100.000 h-e) o 1 mg/l P total (mayor a 100.000 h-e) (Lange, 2010).

f. Oxígeno disuelto

El OD es la medida de oxígeno en gas que está disuelta en agua. El oxígeno que está libre es fundamental para la existencia para la flora y fauna, por lo que, es considerada como indicador de la capacidad del río para poder albergar la vida en el agua. La concentración de este parámetro resulta del ingreso de O₂ a un sistema y O₂ que es consumido por organismos y microorganismos. El ingreso de O₂ podrá ser de diferentes fuentes. Este oxígeno se disuelve fácilmente hasta que el agua se satura. Cuando se disuelve, se dispersa lentamente y su distribución dependerá del movimiento del agua. Este proceso es natural y continuo, por lo que existe un intercambio de oxígeno entre el agua y el aire. En cuanto a la dirección y velocidad, esta será dependiente del contacto de ambos. El agua que es turbia, un arroyo o lago con las olas altas podrá proporcionar mayor absorción puesto que la superficie estará expuesta al aire. Las aguas que se encuentran estancadas retendrán y absorberán menor cantidad de oxígeno. Las plantas juegan un rol fundamental, ya que en todo el día reciben dióxido de carbono que convierten en oxígeno (Whitman, 2018).

2.1.1.6. Parámetros Biológicos

a. Coliformes fecales

Los coliformes fecales son definidos como el grupo de organismos coliformes que fermentan la lactosa a 44 y 45 °C. Estas serán las bacterias del género de Escherichia, especies de Klebsiella, Enterobacter y Citrobacter, entre otras. Pero la fuente son las heces, los microorganismos que son positivos en el método proveniente del agua concentrada, aguas industriales, material de tipo vegetal y del suelo que está en descomposición, Así el término bacteria coliforme fecal no siempre suele ser exacto, la Organización Mundial de la Salud, da como recomendación el uso de calor. El examen

de coliformes fecales es fácil para poder evaluar una determinada contaminación fecal de un agua y de los alimentos (Induanalisis, 2022).

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 modifican las propiedades físicas, químicas y biológicas del 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 (incoloro), 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 los insolubles, coloides o sustancias muy finas en suspensión, el agua es difícil de atravesar, se

encuentra principalmente en aguas superficiales, a menudo es difícil de filtrar y puede causar depósitos en las tuberías. (SUNASS, 2003).

2.3. 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.

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. Hipótesis General

La calidad del agua de acuerdo al índice de calidad NSF de los pozos subterráneos del barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno, no es apta para el consumo humano.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- Los valores de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de pozos subterráneos del barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno, indican que no son aptas para consumo humano.
- Las aguas de pozos subterráneos del el barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno, no cumplen con el índice de calidad de agua NSF para consumo humano.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El lugar del estudio está ubicado al norte de la ciudad de Puno, provincia de Puno, región Puno, comprendido por un área aproximada de 104.349,84 m² el proyecto de investigación, está delimitado en la zona sur por el barrio, por la zona norte con el cerro Azoguini y por el este colinda con el barrio Azoguini.

Ubicación geográfica de la zona, por su situación geográfica, es un área que cuenta con infiltraciones de agua, las cuales forman los pozos y se encuentra entre las coordenadas UTM: Este: 368,542.9 -700,363.2, Norte: 158,369.0, -700,347.0. Altitudinalmente se encuentra localizada entre las altitudes de 3,800.00 m.s.n.m.



Figura 01: Ubicación geográfica del barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno.

FUENTE: (Google maps, 2022).

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

a. Población

En el barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno existen 11 pozos subterráneos de ellos 09 pozos se encuentran en el interior de las viviendas y 02 pozos subterráneos fuera de las viviendas al servicio de toda la población del barrio.

b. Muestra

La muestra de estudio estuvo conformada por 02 pozos, de los 09 existentes en el interior de algunas viviendas, y los 02 pozos subterráneos ubicados fuera de las viviendas, considerando en total 04 pozos, de los cuales consume la mayoría de la población del barrio, aplicando el criterio de inclusión, no se consideraron los 11 pozos por no tener acceso para la toma de muestra ya que, las familias no viven permanente en el barrio por lo que se excluyeron para la toma de muestra.

Tabla 01: Criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
- 11 de pozos en total	- Los habitantes no permiten el ingreso a sus domicilios para toma de muestra.
- 30% del total de muestra	- No existe gran cantidad de pozos.
- Consentimiento informado y aceptación a participar en la investigación	- Los pobladores no viven de forma permanente en el barrio.

Tabla 02: Puntos de muestreo del proyecto de investigación

Punto de muestreo	Coordenadas
P1	-15.836742, -70.034756
P2	-15.836241, -70.034799
P3	-15.834662, -70.037546
P4	-15.835452, -70.038136

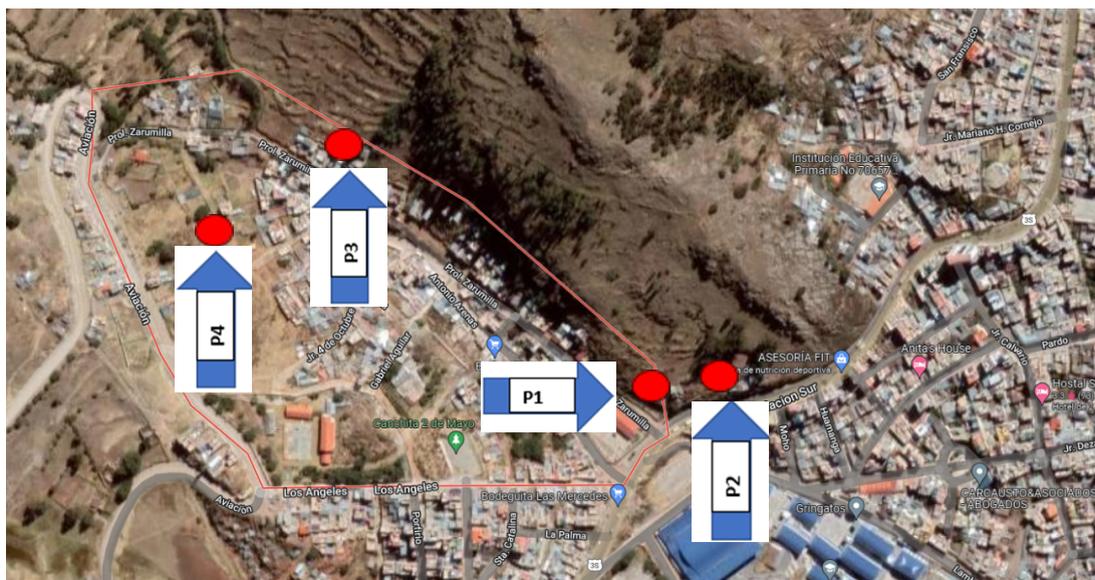


Figura 02: Ubicación de los puntos de muestreo en la zona de investigación
FUENTE:(Google maps, 2022).

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Método de toma de muestra

Considerando la Resolución Jefatural N°010-2016-ANA Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos (ANA, 2019).

- Se utilizó un envase de vidrio con capacidad de un litro por muestra previamente rotulados.
- Se Enjuagaron 3 veces con el agua de cada fuente antes de recoger las muestras, desechando el agua de enjuague.
- Seguidamente se recogieron las muestras eliminando la cámara de aire y cerrando los envases herméticamente.
- Finalmente se guardaron las muestras en un cooler con gel refrigerante para su conservación y llevadas inmediatamente al Laboratorio de control de calidad de la Facultad de Ingeniería Química de la UNAP, para su respectivo análisis.

3.3.1. Procedimiento de la investigación

- **Identificación de los puntos de muestreo**

Primero se identificó el punto de muestreo y se georreferenció con el GPS Garmin este procedimiento se repitió con todos los puntos de muestreo, cada punto tuvo su punto referencial. Así mismo para la medición de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, se utilizó equipos para cada parámetro con la finalidad de obtener datos exactos.

Para el OE1: Determinar los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de pozos subterráneos para consumo humano del barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno.

- **Toma de muestras de agua**

El muestreo se realizó según métodos estándar (APHA, 2018) consistentes en el uso de frascos de vidrio esterilizados con tapas de 0,5 L, debidamente limpios y etiquetados. Para recolectar las muestras, el recipiente se enjuaga con agua de la misma fuente y luego se sumerge a 20 cm de profundidad en el agua en un ángulo de 30° para que la boca de la botella quede contra el flujo natural del agua. Luego es debidamente etiquetado y acondicionado para su traslado al laboratorio de control de calidad de la Facultad de Ingeniería Química de la UNAP.

Se utilizaron métodos y metodologías de muestreo de tipo sistemática, que cumplieran criterios de: identificar, acceso y representación. El muestreo tomó 4 muestras según el punto P1 = parte inferior, P2 = parte inferior, P3 = parte superior y P4 = parte superior, en 5:00, 10:00. Se realizaron cuatro evaluaciones para cada punto a las 15:00 y 20:00 horas, se analizaron un total de 4 muestras y cada punto se homogeneizó en una muestra.



Figura 03: Diseño del muestreo sistemático.

- **Acondicionamiento y traslado de la muestra**

Las muestras que fueron recolectadas, fueron almacenadas en incubadoras y coolers a una temperatura de 4 C° para luego ser transportadas al laboratorio y su respectivo análisis en las 24 horas.

- **Medición de parámetros indicadores:**

Los parámetros físicos y químicos que fueron evaluados de forma directa, con los equipos que existían, como son: potenciómetros, oxímetros y termómetros, los parámetros de tipo microbiológicos como son los coliformes fecales fueron evaluados de acuerdo a la técnica de tubos de fermentación múltiple, donde se utilizó los elementos de fósforo y nitratos. Ello fue analizado en laboratorio.

- **Determinación de la temperatura**

La medición de temperatura en el lugar mismo (in situ), fue realizada en los puntos de: arriba, arriba, abajo y abajo, y fue determinada por un termómetro digital de marca AMARELL (De -10 a 50 °C).

- **Determinación del oxígeno disuelto**

Para determinar este parámetro fue utilizada en el lugar (in situ) un método que consiste de un electrodo de membrana que utilizaba un oxímetro de marca LaMotte (De 0 a 20 mg/l).

- **Determinación del pH**

Se realizaron mediciones de pH en el lugar (in situ) con el modelo y marca de 4 estrellas Orion de un dispositivo multiparamétrico portátil de marca Thermo (rango de 0-14).

- **Determinación de la DBO₅**

Se realizó una test con el oxímetro de membrana modelo HI 9146 de marca HANNA para poder medir el OD inicial de muestras y luego de 5 días de incubar a temperatura ambiente de 20 a 26 °C, se midió el OD final. Se utilizó la siguiente fórmula para poder obtener el DBO5 mg/l::

$$DBO_5 = (OD i - OD fl)$$

- **Determinación de nitratos en el agua de estudio**

Fue determinada utilizando un kit de prueba de nitrato de marca HANNA HI 3874 (APHAWA, 1999), se siguió el proceso que a continuación se detalla: Primero se llenó a totalidad el instrumento de cristal con 10 ml de muestra. Luego añadió un sobre de reactivo de tipo HI 3874-0. Se volvió a colocar la tapa y se agitó vigorosamente durante 1 minuto. Se esperó 4 minutos a que el color se desarrolle. Cuando se quita la tapa, el recipiente de comparación de colores contiene 5 ml de la muestra procesada. Determine qué color corresponde a la resolución del visor y registre los resultados.

- **Determinación de fósforo en el agua**

Fue determinada utilizando el kit de fósforo de marca HANNA HI 3833 (APHWA, 1999), se siguió el proceso descrito a continuación: ya que el elemento fósforo, se encuentra en forma del ión fosfato en el agua. (PO_4^{3-}). Se retiró la tapa del vaso de plástico, se enjuago el vaso de plástico con la muestra de agua, se llenó hasta la marca de 10 ml. Se añadió 1 paquete de reactivo HI 3833-0. Se colocó la tapa y se mezcló la solución hasta que los sólidos se disuelvan. Se quitó la tapa y se transfirió la solución al cubo comparador de color. Se dejó reposar durante 1 minuto. Se determinó que color se ajustó mucho mejor a la solución en el vaso de precipitados y se registraron los resultados.

- **Determinación del STD**

La medida del STD fue realizada en el lugar (in situ) con el equipo Multiparámetro portátil Thermo, de marca y modelo Orion 4star.

- **Turbidez**

La medición se utilizó un Turbidímetro PCE-TUM 20 es un medidor portátil con una gran pantalla que cumple todas las exigencias para medir la turbidez in situ. El rango de medida del turbidímetro fue de 0 a 1000 unidades NTU, estuvo seccionado en rangos autónomos que aumentan la precisión.

- **Parámetros microbiológicos: número más probable de Coliformes fecales (coliformes termotolerantes)**

Se utilizó la técnica del número más probable (NMP) con serie de tres tubos y en tres etapas, según el método 9221 de la APHA (2018).

- **Etapa de tipo presuntiva:** Se utilizó 03 diluciones de 10¹ a 10³ de la muestra en estudio de agua al inicio, cada uno de 03 tubos o réplicas, para el total de veintisiete tubos que contenían un caldo de *E. coli*. Y dentro de cada tubo había un pequeño tubo de Durham que estuvo invertido para poder recoger el gas producido. Cada lote de caldo de *E. coli* recibió una alícuota de 1 ml de la dilución adecuada y se incubó a 37 °C durante un promedio de 24 a 48 horas.
- **Etapa de confirmación:** Se tomó un tubo de producción de gas positivo en el paso anterior como inóculo en un tubo que contenga 9 ml de caldo de *E. coli* y colóquelo en un tubo Durham para verificar la producción de gas nuevamente, luego incuba a temperatura 44,5 °C. °C 24 a 48 horas. Se determinó el índice de número más probable para el tubo con gas positivo y luego se calculó el número más probable por 100 ml utilizando la siguiente fórmula: $MPN/100 \text{ ml} = MPN \text{ expresado} \times \text{dilución media } 100$.
- **Etapa de tipo completa:** De los tubos de caldo contenido de *E. coli* fueron repicadas por agotamiento sobre unas placas que contenían el medio de Eosina Azul de metileno (EMB), se determinó el desarrollo de colonias de tipo típicas de Coliforme y de tipo *Escherichia coli*. a continuación la incubación a 37°C por 24h, fueron repicadas sobre medios de identificación de tipo bioquímica diferencia de Indol, rojo de metilo, Voges Proskauer y Citrato, que constituyen la prueba de INVIC, para poder realizar la identificación de *E.coli* y otras de forma de Coliformes fecales.
- **Cálculo para la determinación de ICA-NSF**

En la determinación del ICA – NSF fueron consideradas nueve parámetros, los que fueron: Oxígeno disuelto, Coliformes fecales, pH, Demanda bioquímica de oxígeno, Cambio de la temperatura, Fosfatos, Nitratos, Turbidez, Sólidos disueltos totales. Fueron

procesados los datos resultantes de las determinaciones físico-químicas y de los coliformes fecales en el software ICA TEST 1.0, para cada uno de los puntos de estudio.

- **Para el OE2: Calcular el índice de calidad del agua para los pozos subterráneos para consumo humano, del barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno.**
- **Curvas de Función**

Los investigadores realizaron promedios de todas las curvas, para poder producir y predecir de la misma manera, una curva promedio para cada uno de los contaminantes. Seguido las curvas fueron graficadas con el uso de una media aritmética, con límite de confianza al 80% sobre el valor medio. Los límites de confianza cercanos a la media representaron un contaminante de tipo variable, los que se procedió a verificar en estudios posteriores, mientras que los límites de confianza que fueron amplios representaban desacuerdos entre sus respuestas. como es observable a continuación en las figuras correspondientes a cada una de las variables, con su valor de Q (Brown et al., 1970).

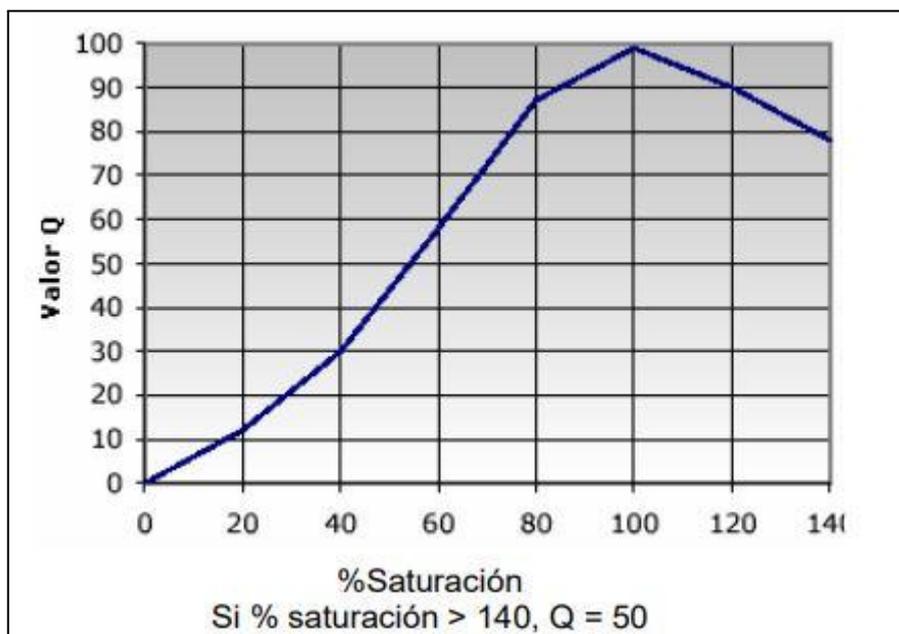


Figura 04: Función de calidad NSF - Oxígeno disuelto
FUENTE: (Brown et al., 1970).

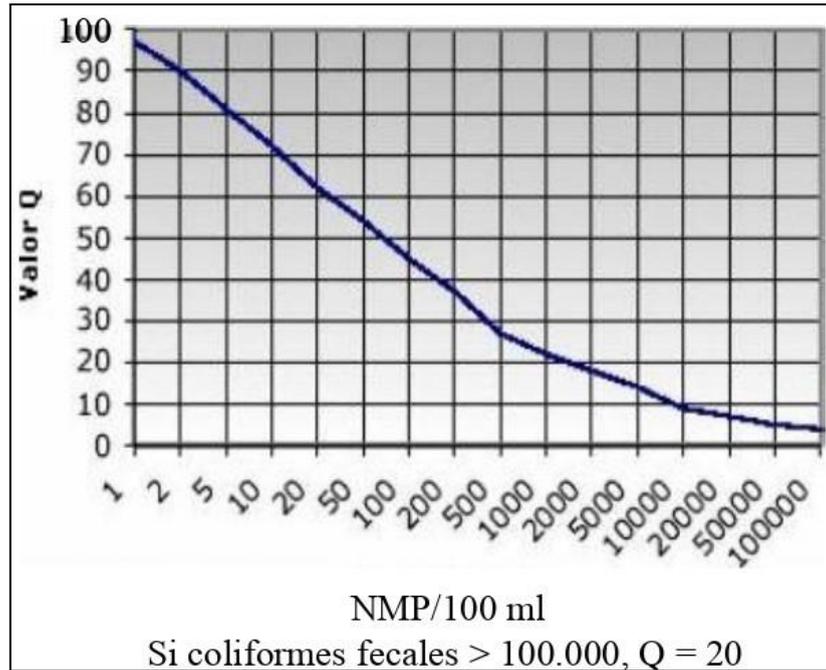


Figura 05: Función de calidad NSF - Coliformes fecales
FUENTE: (Brown *et al.*, 1970).

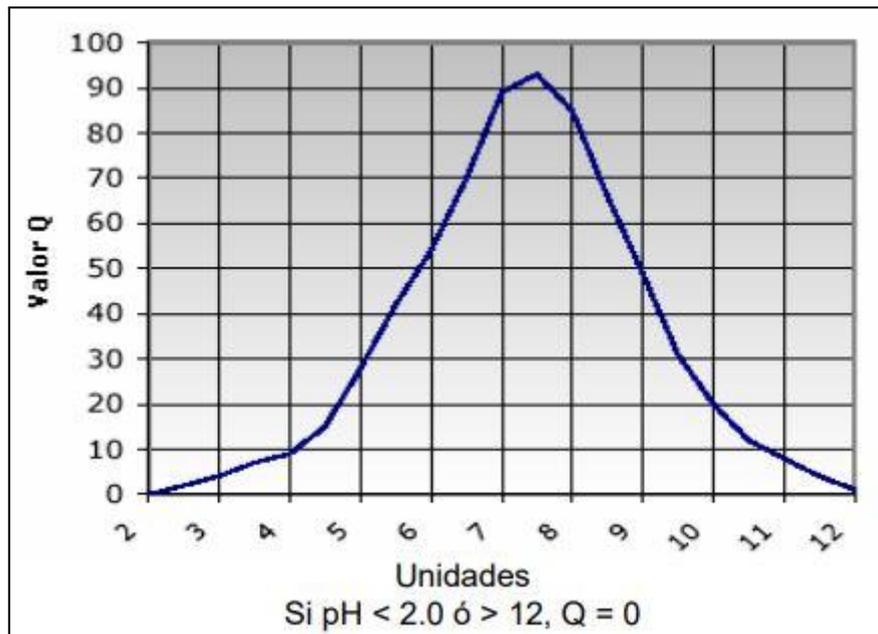


Figura 06: Función de calidad NSF - Potencial de hidrógeno
FUENTE: (Brown *et al.*, 1970).

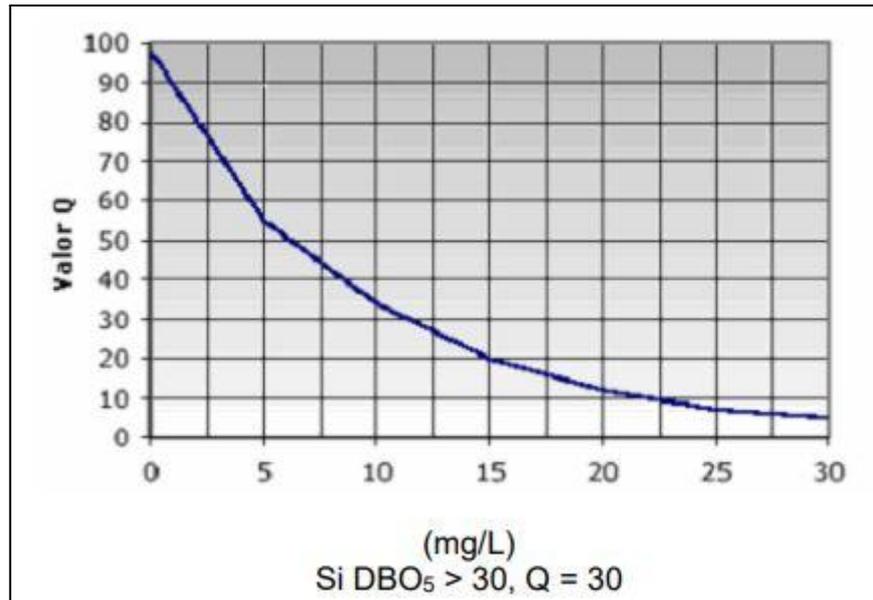


Figura 07: Función de calidad NSF - Demanda bioquímica de oxígeno
FUENTE: (Brown *et al.*, 1970).

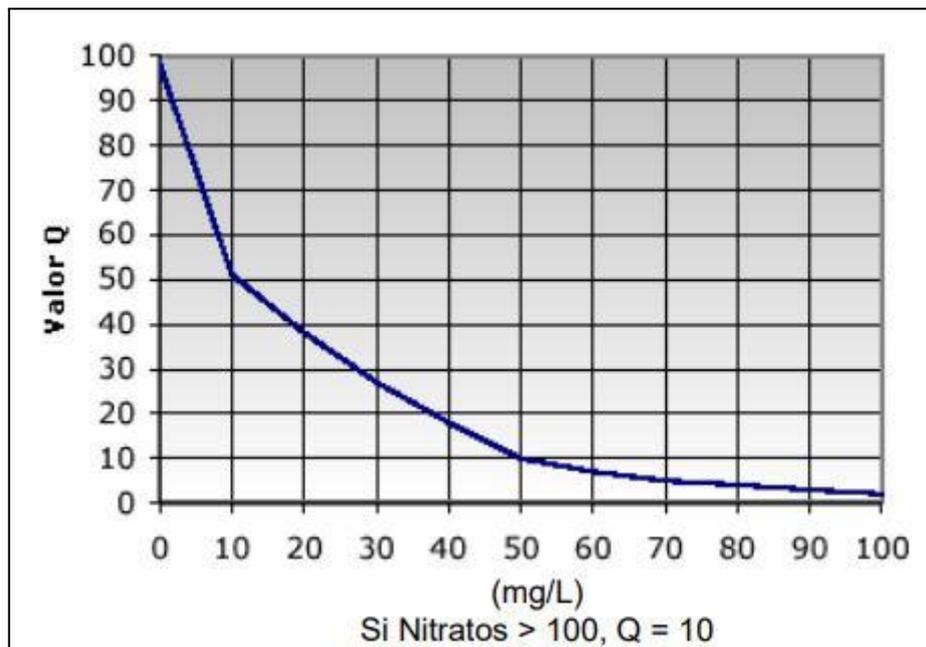


Figura 08: Función de calidad NSF - Nitratos
FUENTE: (Brown *et al.*, 1970).

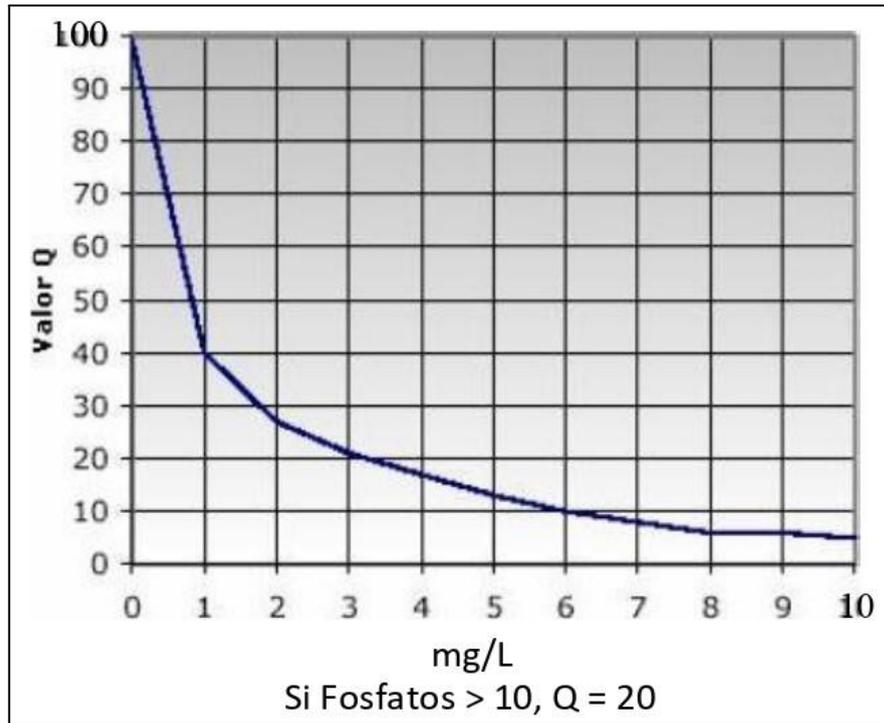


Figura 09: Función de calidad NSF - Fósforo

FUENTE: (Brown *et al.*, 1970).

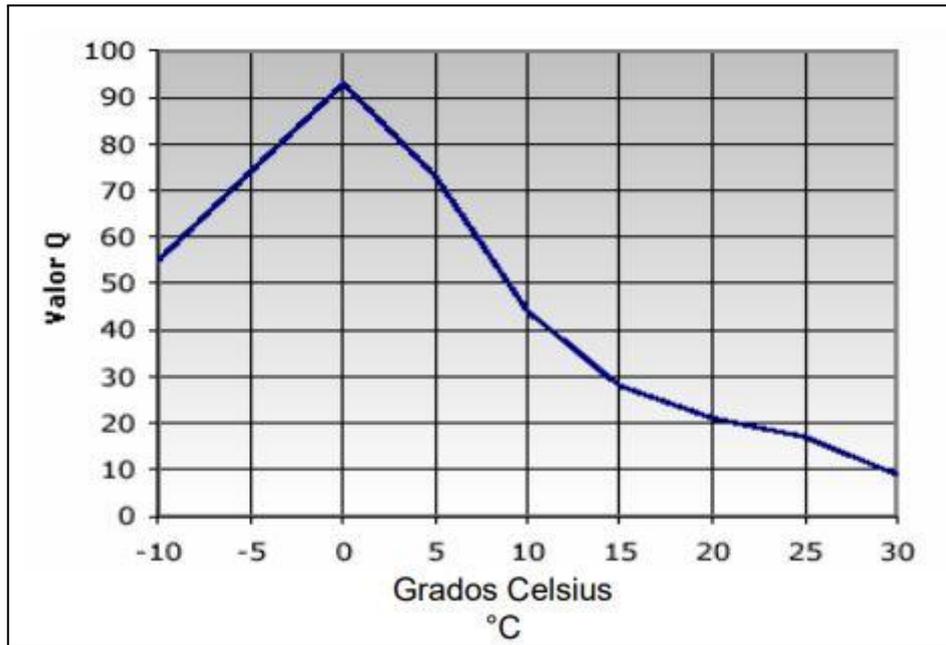


Figura 10: Función de calidad NSF - Temperatura

FUENTE: (Brown *et al.*, 1970).

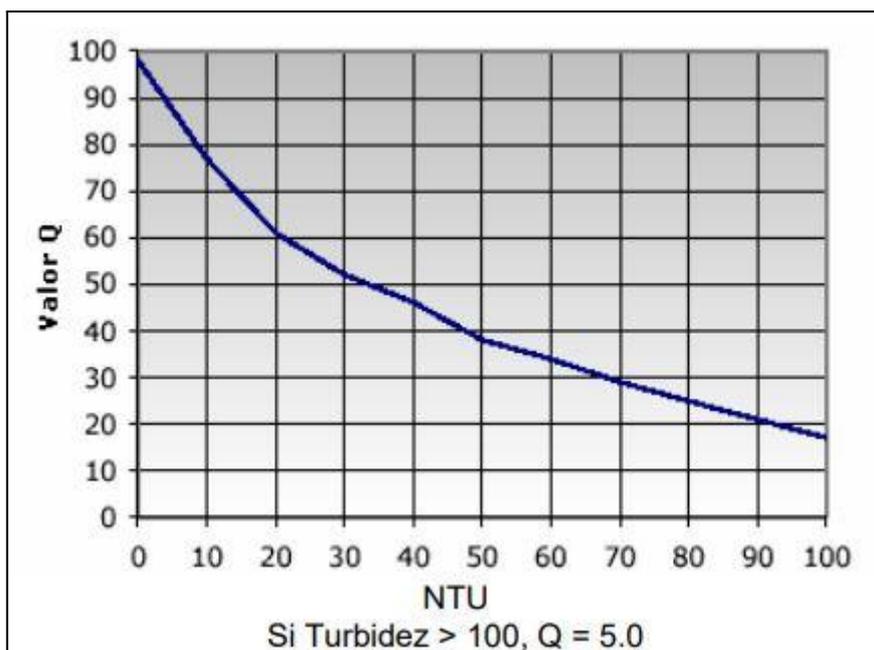


Figura 11: Función de calidad NSF - Turbidez

FUENTE: (Brown *et al.*, 1970).

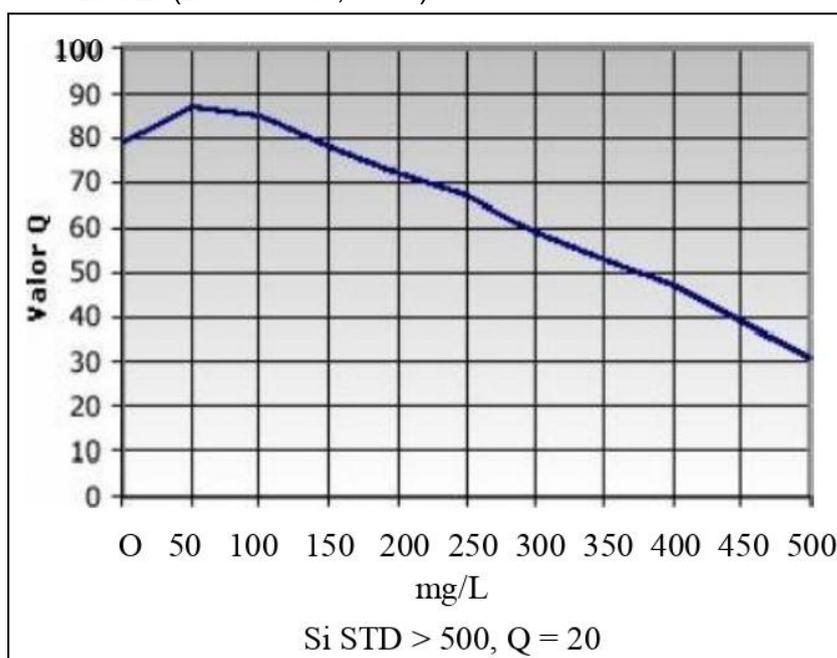


Figura 12: Función de calidad NSF - Sólidos totales disueltos

FUENTE: (Brown *et al.*, 1970).

- **Formulaciones y cálculo del Índice NSF**

Cuando se establecen los valores para los subíndices, nos encontramos que ya existen y están validados por expertos. Es de vital importancia que los pesos hallados se sumen

y den como resultado el valor de uno, con la certeza de tener las debidas valoraciones brindadas por expertos. Para obtener resultados de lo mencionado, se calculó promedios aritméticos de los valores para cada una de las variables propuestas; la variable de peso temporal estuvo calculada realizando una división, lo importante de cada uno de los parámetros sobre el valor del peso de cada una de las variables que tiene la mayor relevancia, esto refiere al parámetro de oxígeno disuelto. Los pesos temporales fueron divididos por cada uno entre la suma de pesos temporales, lo que resultó como los pesos finales. Estos pesos fueron: oxígeno disuelto 0.17; Coliformes fecales 0.15; pH, 0.12; DBO₅ 0.10; nitratos 0.10; fosfatos 0.10; temperatura 0.10; turbiedad 0.08; y sólidos totales, 0.08 (Lange, 2018). Para realizar el cálculo del índice de calidad del agua, se utilizó la suma lineal de tipo ponderada de los subíndices o puede ser función de la agregación de un producto ponderado. El índice de NSF utilizado fue una suma de tipo lineal ponderada. El resultado final fue un número entre “0 y 100”, y en donde el número cero significó la calidad de agua de tipo “muy pobre” y el número cien significó la calidad de agua de tipo “excelente”. La ecuación utilizada inicial del índice fue, un número promedio geométrico ponderado:

$$WQI = \sum_{i=1}^n S_i W_i$$

Donde:

WQI: Índice de Calidad de Agua

S_i: Subíndice del parámetro i ó valor Q

W_i=Factor de ponderación para el subíndice i

Mientras la suma lineal ponderada se usa ampliamente, la agregación del producto ponderado, evita eclipsar el resultado, porque si un sub-índice es cero, entonces el índice es automáticamente cero (Lange, 2018).

Tabla 03: Hoja de cálculo de ICA-NSF.

CÁLCULO DEL ÍNDICE NSF		
PARÁMETRO	UNIDADES	W ₁
OXÍGENO DISUELTO	mg/L	0.17
COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	0.15
pH	Unidades de pH	0.12
DBO	DBO ₅ en mg/L	0.10
T°	C°	0.10
FÓSFORO TOTAL	mg/L	0.10
NITRATOS	mg/L	0.10
TURBIDEZ	NTU	0.08
SÓLIDOS TOTALES	mg/L	0.08

FUENTE: Sistema Nacional de Estudio Territoriales, El Salvador (SNET,2009)

El resultado final se interpreta en función de la escala donde se clasifica y en la cual un color presenta cada rango:

Tabla 04: Rango de calidad del agua según ICA-NSF.

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

FUENTE: Lobos, José. Evaluación de los Contaminantes del Embalse del Cerrón Grande PAES 2002.

Este índice NSF tiene la esencia de ser de uso general en diferentes investigaciones de tipo ambiental. Es así, que en EE.UU, ahora mismo, 12 de 60 estados y agencias gubernamentales y no gubernamentales lo utilizan. Incluso se utilizan figuras de tipo tridimensionales para poder evidenciar perfiles de calidad de tipo de agua. El índice NSF se posiciona en el eje vertical, el parámetro tiempo y distancia en los ejes horizontales de dicho plano, con la finalidad de poder evidenciar proyecciones y poder evidenciar el comportamiento de una determinada contaminación del agua (Lange, 2018).

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 05: Operacionalización de variables.

Variables	Dimensiones	Indicadores
<u>Independiente</u>	Físico	pH, T°, Turbidez, STD
Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	Químico Microbiológico	Oxígeno Disuelto, DBO ₅ , Nitratos, Fosfatos. Coliformes fecales
<u>Dependiente</u>		
Calidad del agua		Índice de calidad

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Para el tratamiento estadístico de acuerdo a los resultados obtenidos en el procesamiento de los datos recolectados y observados, hemos dividido en tres partes la forma en la que se ha llevado a cabo:

- ❖ **Análisis e interpretación de de datos de laboratorio:** Para el cálculo de toda la información para la presente investigación se utilizó la estadística descriptiva, como cálculo de valores máximos, mínimos, promedios, consiguiendo de ésta manera los valores necesarios para el análisis respectivo.

❖ Aplicación de Fórmulas:

Ha sido necesario utilizar fórmulas propias relacionadas al cálculo del índice NSF, cuyo sustento y explicación detallada se puede ver en el apartado 3.3 de la presente investigación pero que en resumen utiliza los siguientes parámetros:

$$WQI = \sum_{i=1}^n SliWi$$

Donde:

WQI: Índice de Calidad de Agua

Sli: Subíndice del parámetro i ó valor Q

Wi=Factor de ponderación para el subíndice i

❖ Representación Gráfica de los Resultados:

Una vez calculado los datos, éstos necesitaban ser representados gráficamente y así poder ser explicados de manera más ilustrativa, por ende se propone un gráfico el cual se basa en los gráficos estadísticos: Gráficos de Control y Gráfico de Rangos, el cual tiene la siguiente estructura:

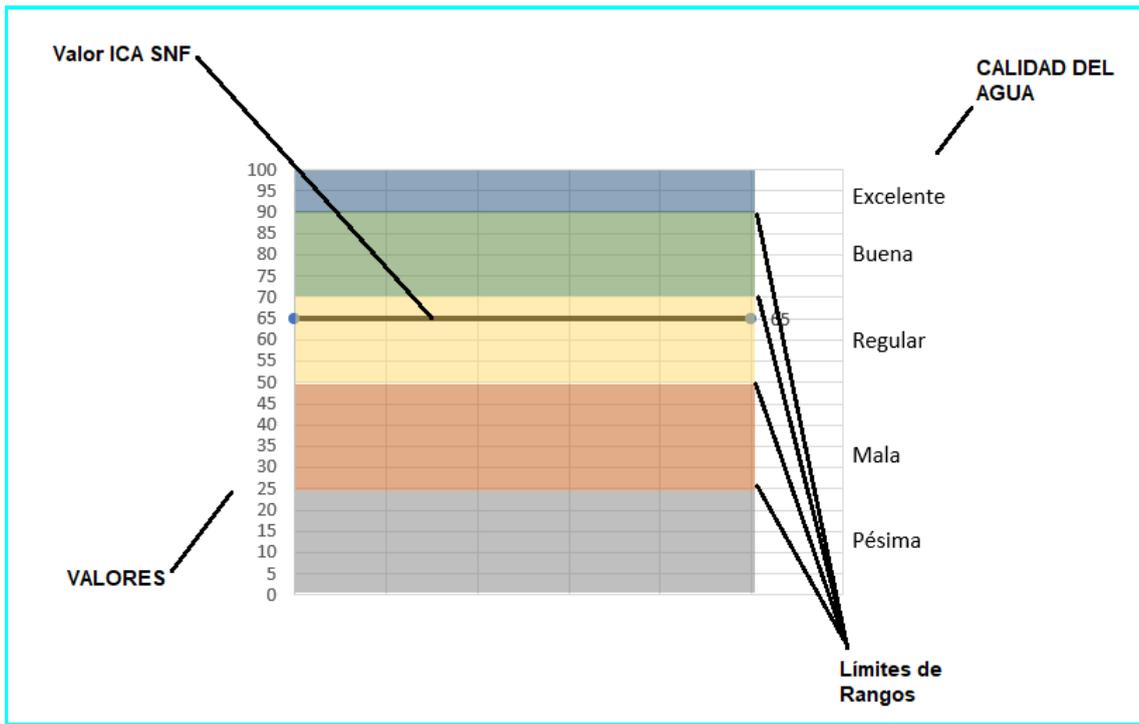


Figura 13: Propuesta de Gráfico Ilustrativo que representa los rangos de calidad de agua según ICA - NSF.

FUENTE: Propuesta elaborada por el investigador.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. Parámetros fisicoquímicos de los puntos de muestreo

La figura 14, presenta y da evidencia de la variación que existió del parámetro de oxígeno disuelto y que está en función de los puntos de la investigación realizada (Anexo 01), en cuanto a el orden de valor de oxígeno disuelto que se puede ver de forma descendente fue: primer punto (6.20 mg/L); segundo punto (6.78 mg/L); tercer punto (6.82 mg/L) y cuarto punto (5.93 mg/L).

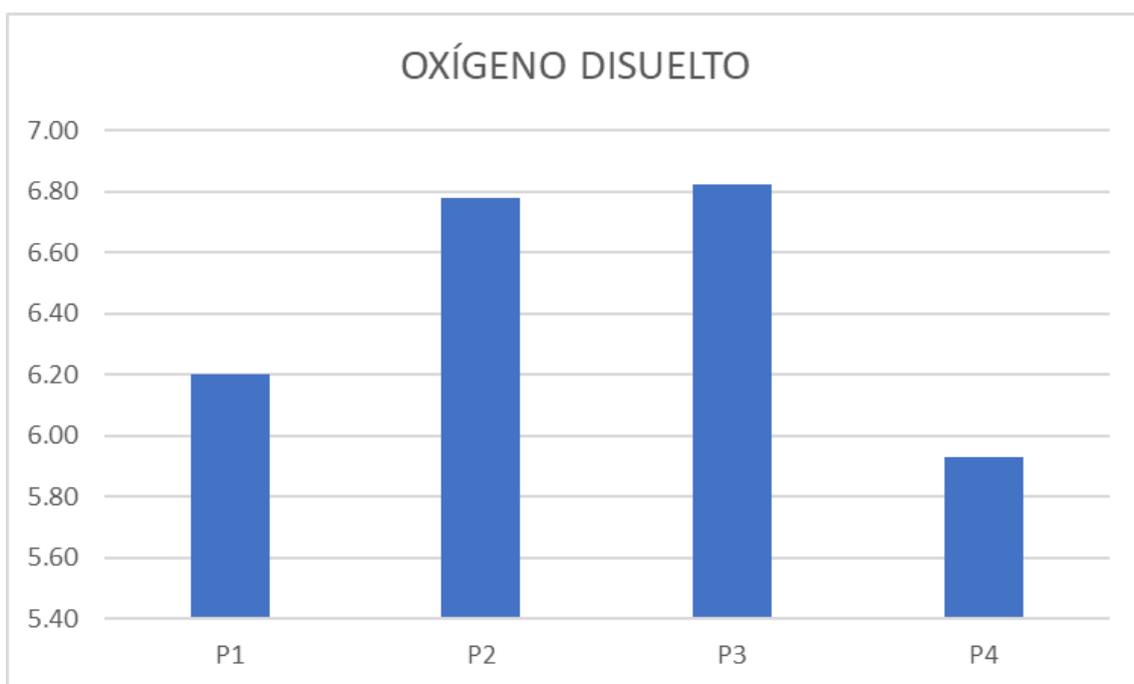


Figura 14: Variación del OD en los cuatro puntos de muestreo.

En la investigación realizada por Guimaraes (2022), En la asignación de pesos de ponderación para cada parámetro del agua, indica que cada parámetro del agua, tiene que relacionarse con la importancia de los usos pretendidos, con incidencia de que cada variable tenga importancia en el índice de la calidad del agua, en el caso del ICA para aguas superficiales, el mayor peso se debe otorgar a los parámetros de OD, la presente investigación coincide con el autor mencionado, puesto que para este parámetro se le da un peso de ponderación de 0.17, que es el más alto de todos los parámetros.

La figura 15, muestran resultados de parámetros de tipo microbiológico, donde los valores que se obtuvieron de los puntos de muestreo y que estuvieron en relación a coliformes fecales estuvieron de forma de tipo ascendente y estos son: 1er punto (0.99 NMP/100 ml); 2do punto (0.99 NMP/100 ml); 3er punto (0.99 NMP/100 ml) y 4to punto (0.99 NMP/100 ml).

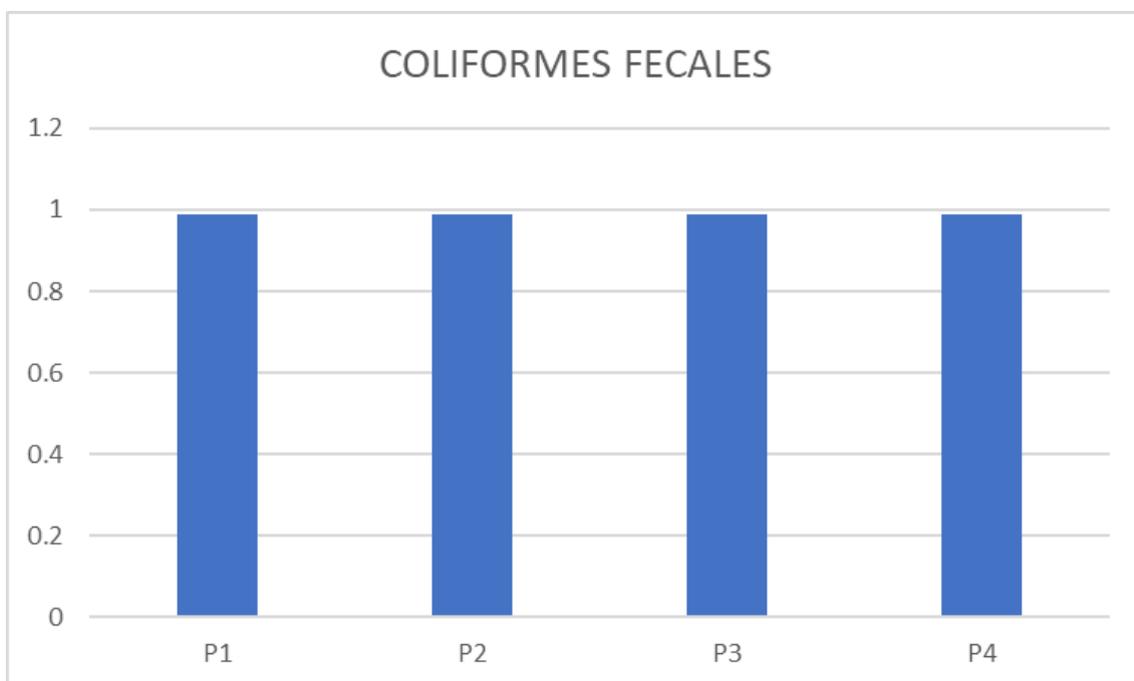


Figura 15: Variación de los coliformes fecales en los cuatro puntos

En lo referente a los parámetros microbiológicos Sandoval (2021), tuvo como análisis agua de cinco pozos del Centro poblado de Moro, donde encontró los resultados: para coliformes fecales un promedio de 109.60 UFC/100 ml superando el límite permisible (100 UFC/100 ml), mientras que en la investigación realizada los reportes fueron en todos los puntos de muestreo <1 NMP/100ml, lo que ayudaría a que el agua en estudio sea de una calidad de tipo buena y regular, según ICA-NSF y ECA nacional.

La figura 16, representa la variación que existió en el pH en función de los puntos de la investigación, el orden de estos valores en forma de tipo ascendente fueron, 1er punto (7.69); segundo punto (7.11); tercer punto (7.5) y cuarto punto (7.28).

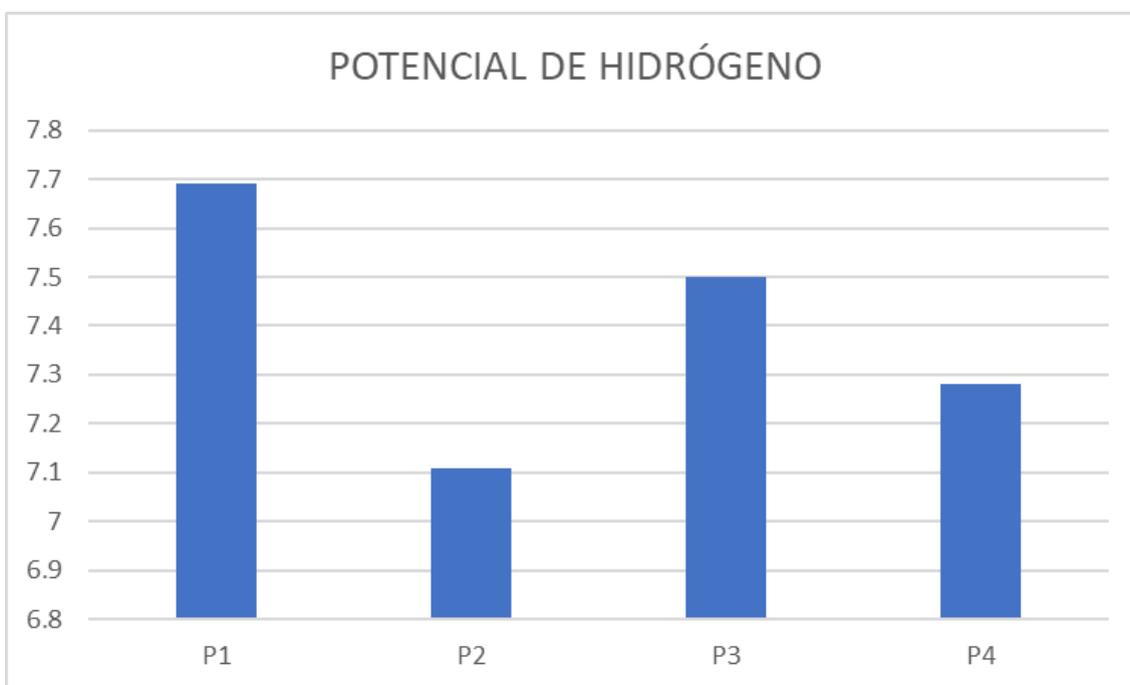


Figura 16: Variación del pH en los cuatro puntos de muestreo

En cuanto a los parámetros físicos y químicos, Percca (2021), analizó agua de pozos para consumo humano en el anexo Collana II, según los Límites Máximos Permisibles (LMP) y obtuvo el valor de la dureza total (CaCO_3) con un valor de 2719 mg/l, de la misma manera la conductividad eléctrica tiene un valor de 7700 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Igualmente, de relevancia es el pH todos mayores a 7 siendo de tendencia alcalina, que indica la

presencia de metales como es el As inorgánico, sin embargo en la investigación realizada se obtuvo valores referidos a la dureza total de (182.28, 331.28, 356.84, 310.52 mg/L) en los puntos de 1 al 4 respectivamente, lo cual junto con la conductividad eléctrica (68.2, 278, 183.60, 233.00 uS/cm) en los puntos de 1 al 4 respectivamente, indicarían que no existe presencia de metales pesados.

La figura 17 evidencia la variación del parámetro DBO_5 y que estuvo en función de los puntos de investigación, el orden de en forma de tipo ascendente fue, 1er punto (1.99 mg/L); 2do punto (1.99 mg/L); 3er punto (1.99 mg/L) y 4to punto (1.99 mg/L); se aprecia el comportamiento del parámetro de DBO_5 es igual que el pH; es conocido que el parámetro DBO_5 es resultado de la carga orgánica y de la concentración de microorganismos que se encuentran en el agua, el parámetro pH es un indicador de la acidez del agua; esta acidez inhibe el desarrollo microbiano; de forma que, cuando pH reduce la DBO_5 también será reducida.

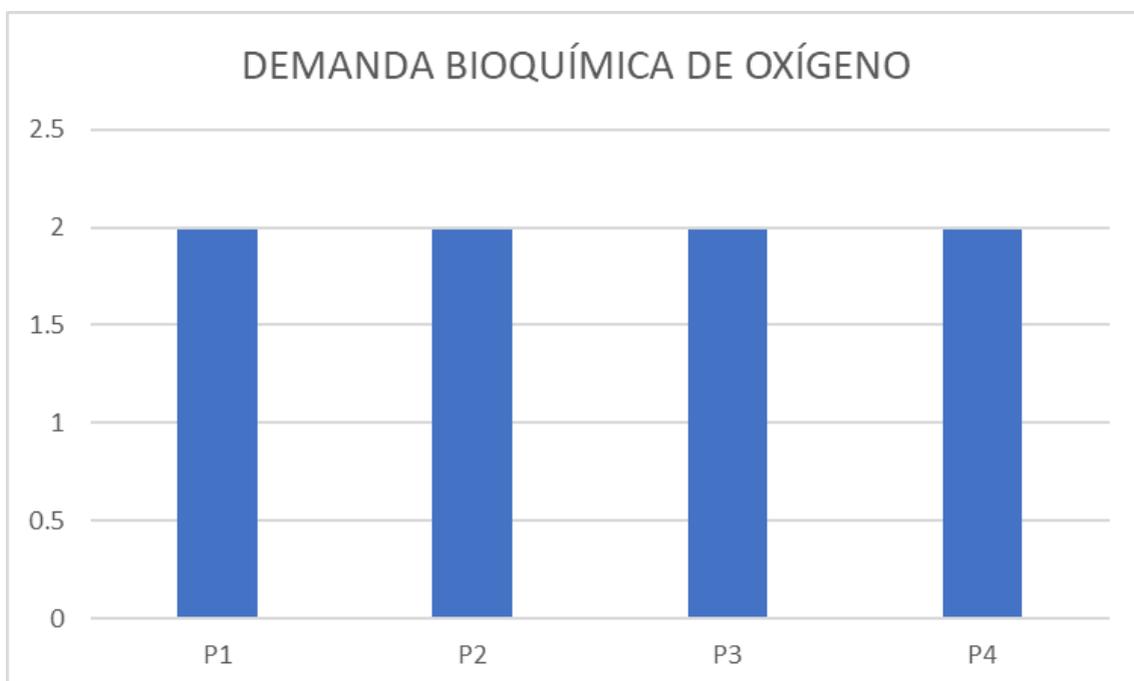


Figura 17: Variación de DBO_5 en los cuatro puntos

Vásquez (2019), en su trabajo de investigación observó que los indicadores fisicoquímicos y bacteriológicos que se presentan con mayor intensidad en las aguas de lixiviación con respecto a las demás fuentes en el área es el DQO, en la investigación presentada se observa valores promedio de este parámetro puesto que la agua en investigación es un agua de tipo natural.

En la figura 18, se evidencia la concentración del parámetro de nitratos y que esta en función de los puntos de la investigación, los que son en el primer punto (0.09 mg/L); segundo punto (0.09 mg/L); tercer punto (0.09 mg/L) y cuarto punto (46.2 mg/L).



Figura 18: Variación de nitratos en los cuatro puntos

En la investigación de Valle & Laura (2021), donde analizaron parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos mediante medidores multiparamétricos y métodos volumétricos: nitratos (N), sulfatos (S). Con los resultados de los parámetros se calculó el ICA para las tres subzonas de la zona semáforo, obteniendo una interpretación de excelente a malo durante la época de secas y de buena a malo en época de lluvias, la presente investigación se llevó a cabo en temporada seca, obteniendo los resultados de este

parámetro de: en el primer punto (0.09 mg/L); segundo punto (0.09 mg/L); tercer punto (0.09 mg/L) y cuarto punto (46.2 mg/L).

En la figura 19, se observa que la concentración de fosfatos es igual en los tres puntos de estudio; primer punto (0.05 mg/L); segundo punto (0.05 mg/L); tercer punto (0.05 mg/L) y cuarto punto (0.10 mg/L).

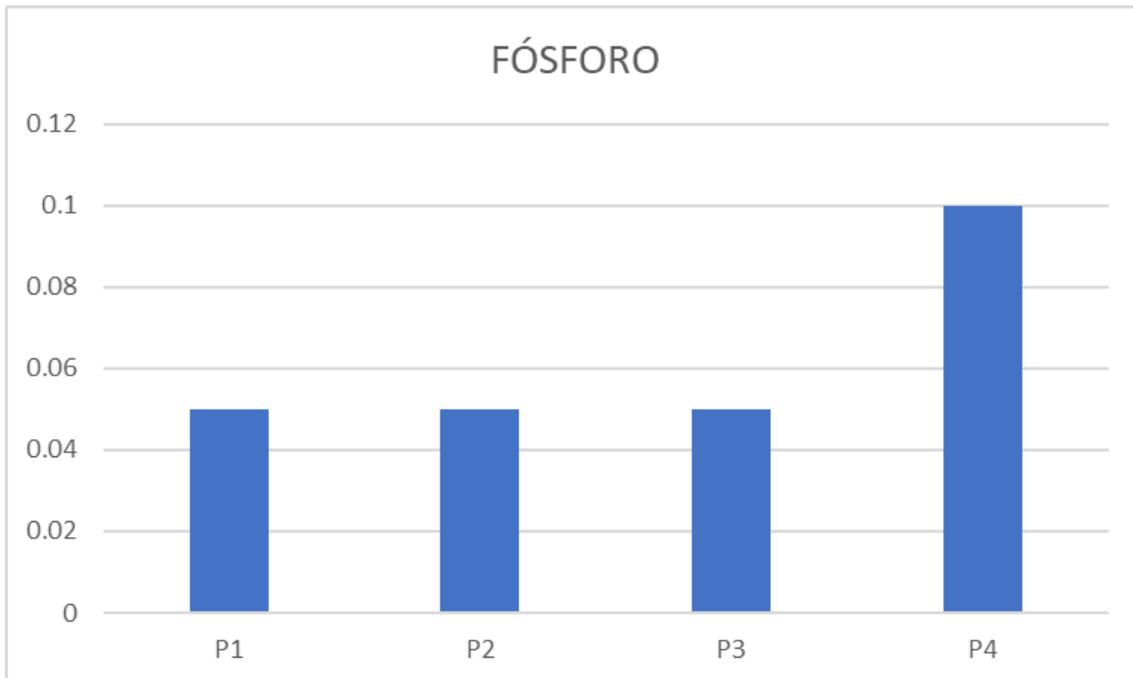


Figura 19: Variación de fosfatos en los cuatro puntos

La figura 20 reporta la variación de la temperatura en el agua y que está en función de los puntos en estudio, y el orden de los valores en forma ascendente fue de: 1er punto (12.9 °C); segundo punto (12.9 °C); tercer punto (12.9 °C) y cuarto punto (12.9 °C). La temperatura se ve incrementada por la altitud; dichos valores de temperatura son de influencia en la concentración del OD.

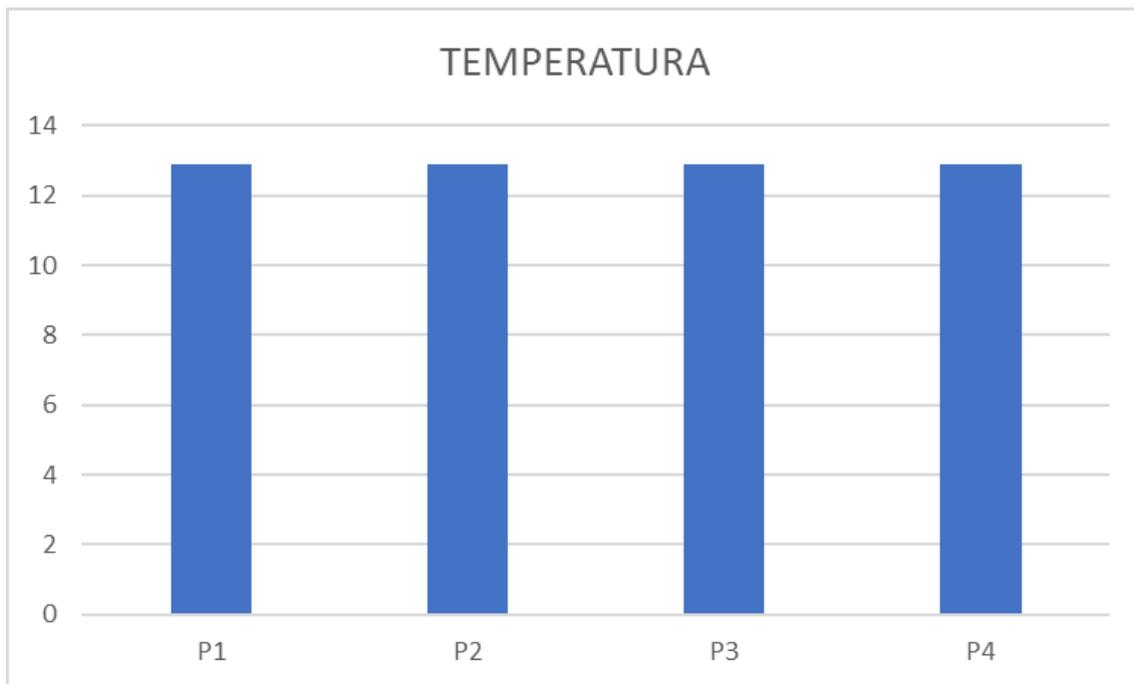


Figura 20: Variación de la temperatura en los cuatro puntos

Choque (2021), dio a conocer los valores físicos y químicos de un manantial nos pueden indicar la calidad del agua en función a los parámetros establecidos en la normativa vigente, se han encontrado los siguientes valores para la: temperatura 13.1 °C, resultados que nos indican un 91.67% de cumplimiento de los valores que establece la normativa vigente de los estándares de calidad ambiental para el agua, en la presente investigación se tiene: primer punto (12.9 °C); segundo punto (12.9 °C); tercer punto (12.9 °C) y cuarto punto (12.9 °C), que hace un 73.03% en cumplimiento con los ICA NSF.

La figura 21 evidencia la variación en el parámetro de la turbidez y que está en función de los puntos de estudio, es así que el orden de los valores de este parámetro en forma ascendente fue, 1er punto (0.56 NTU); 2do punto (0.52 NTU); tercer punto (0.63 NTU) y cuarto punto (0.95 NTU).

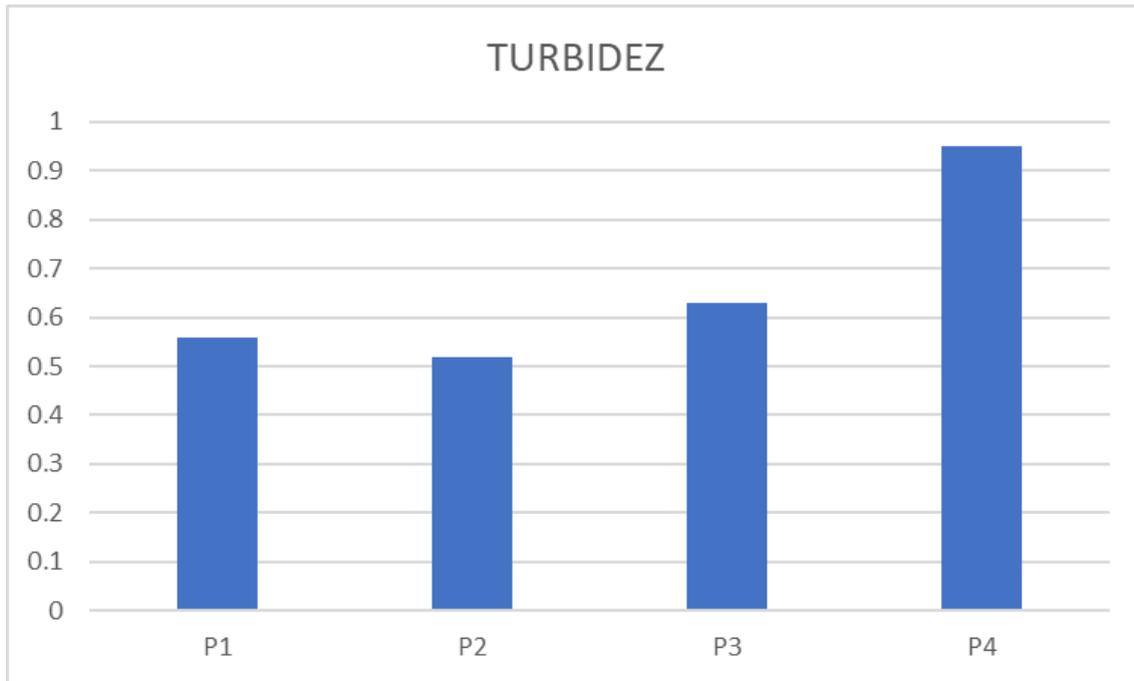


Figura 21: Variación de la turbidez en los cuatro puntos

Choque (2021), dio a conocer los valores físicos y químicos de un manantial nos pueden indicar la calidad del agua en función a los parámetros establecidos en la normativa vigente, se han encontrado los siguientes valores para la: turbiedad 1.58 UNT, resultados que nos indican un 91.67% de cumplimiento de los valores que establece la normativa vigente de los estándares de calidad ambiental para el agua, en la presente investigación se tiene: primer punto (0.56 NTU); segundo punto (0.52 NTU); tercer punto (0.63 NTU) y cuarto punto (0.95 NTU), que hace un 73.03% en cumplimiento con los ICA NSF.

La figura 22 reporta la variación de la concentración de los sólidos totales en el agua en función de los puntos de estudio, el orden en forma ascendente fue: 1er punto (143.1 mg/L); segundo punto (138.9 mg/L); tercer punto (91.6 mg/L) y cuarto punto (115.8 mg/L).

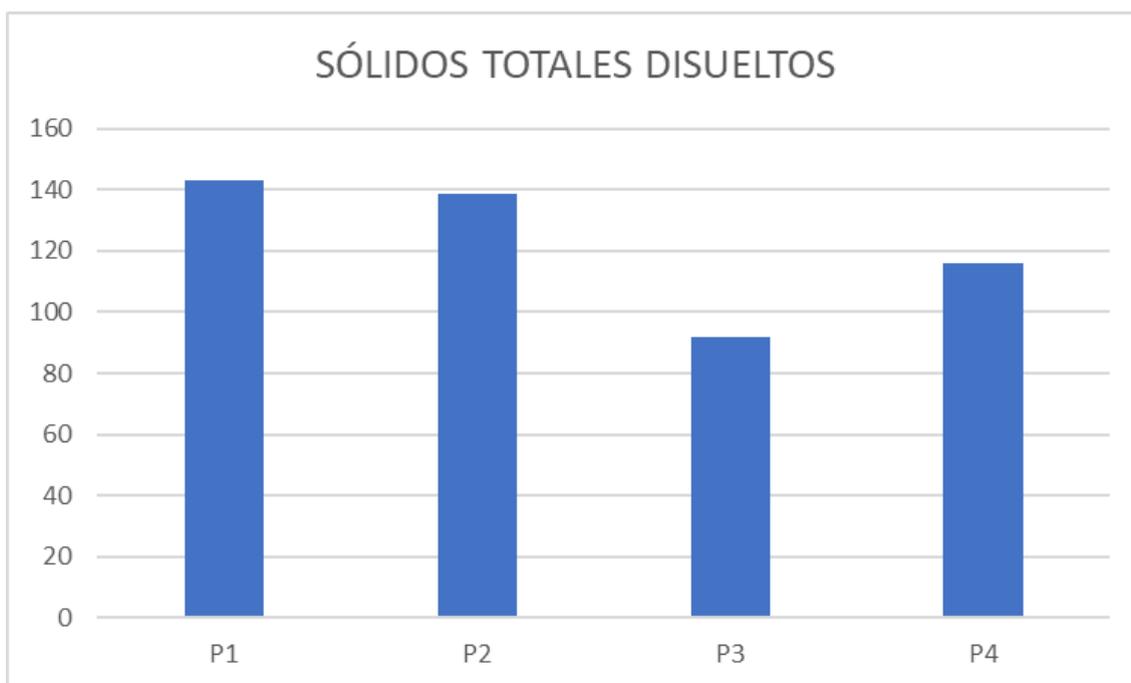


Figura 22: Variación de los STD en los cuatro puntos

Choque (2021), dio a conocer los valores físicos y químicos de un manantial nos pueden indicar la calidad del agua en función a los parámetros establecidos en la normativa vigente, se han encontrado los siguientes valores para los: total de sólidos disueltos 231.25 mg/l, resultados que nos indican un 91.67% de cumplimiento de los valores que establece la normativa vigente de los estándares de calidad ambiental para el agua, en la presente investigación se tiene: primer punto (143.1 mg/L); segundo punto (138.9 mg/L); tercer punto (91.6 mg/L) y cuarto punto (115.8 mg/L), que hace un 73.03% en cumplimiento con los ICA NSF.

4.2. Cálculo empleado para la determinación de ICA-NSF

En las Tablas 06, 07, 08 y 09 se evidencia los valores resultantes promedio de los parámetros físico-químico y microbiológico de las cuatro medidas; así también se presentan el valor de los subíndices respectivos (S_1), y el índice de calidad promedio (W_1) de la investigación.

Tabla 06: Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado en ICA TEST 1.0 para el agua del primer punto.

Parameters	Mean value	Unit	Weight (Wi)	Q-Value (Qi)	WiQi
Dissolve oxygen	6.20	mg/L	0.17	3	0.51
Fecal coliforms	<1	NMP/100ml	0.15	98	14.7
pH	7.69		0.12	90	10.8
Biological oxygen demand	<2	mg/L	0.10	98	9.8
Nitrates	0.09	mg/L	0.10	98	9.8
Phosphorus	0.05	mg/L	0.10	99	9.9
Water temperature	12.9	°C	0.10	32	3.2
Turbidity	0.56	NTU	0.08	99	7.9
Total dissolved solids	143.1	mg/L	0.08	80	6.4
TOTAL			1	73.03	CALIDAD BUENA

Se observa los subíndices de calidad del agua en la parte alta, como el porcentaje de saturación del Oxígeno Disuelto (OD) = 6.20 mg/L con subíndice de 3; coliformes fecales = 0.99 NMP/100ml con un subíndice de 98; donde el pH = 7.69 cuyo subíndice de calidad es 90; Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) = 1.99 mg/L con subíndice de 98; Temperatura = 12.9 °C con subíndice de 32; Fosfato = 0,05 mg/L con subíndice de

99; Nitratos = 0.09 mg/l con subíndice de 98; turbidez con 0.56 NTU con un subíndice de 99; Sólidos totales disueltos = 143.1 mg/L con índice de 80.

$$ICA - NSF = \sum_{i=1}^n SiWi$$

$$ICA - NSF = 73.03$$

En la parte baja (primer punto), se obtuvo un valor de 73.03 en el rango de calidad de agua de 71 a 90 en el cual nos dice que es de Calidad: Buena, a continuación realizamos la representación gráfica de éste resultado:

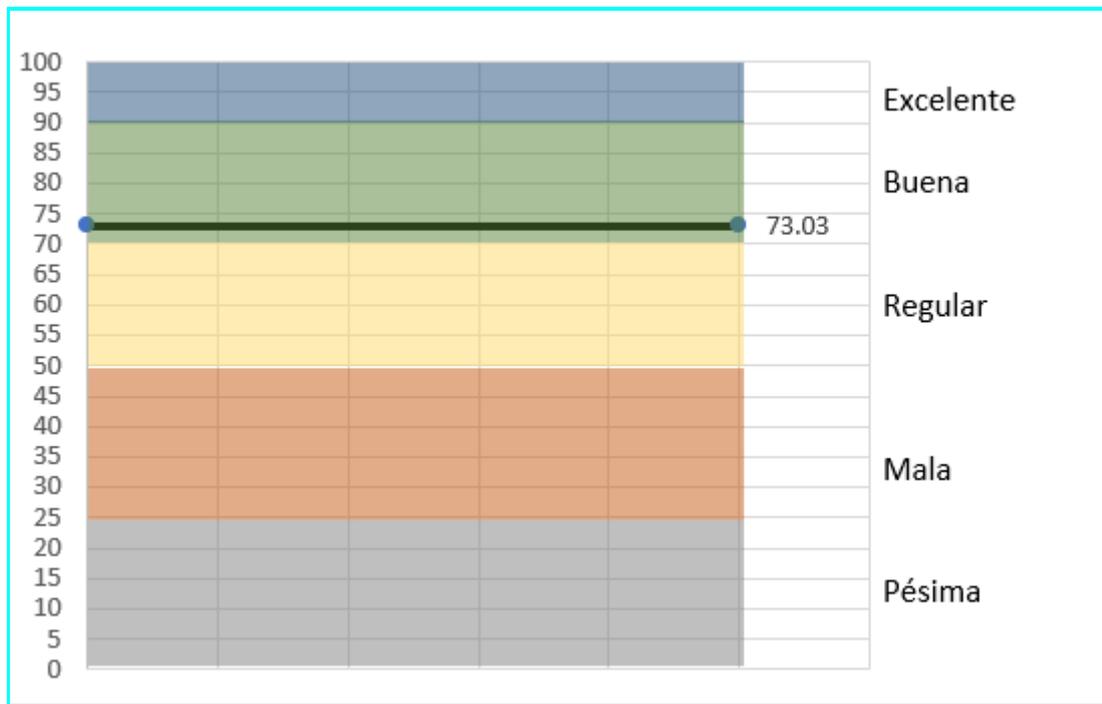


Figura 23: Representación gráfica de la calidad del agua determinado para el primer punto.

Tabla 07: Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado en ICA TEST 1.0 para el agua del segundo punto.

Parameters	Mean value	Unit	Weight (Wi)	Q-Value (Qi)	WiQi
Dissolve oxygen	6.78	mg/L	0.17	4	0.68
Fecal coliforms	<1	NMP/ 100ml	0.15	98	14.7
pH	7.11		0.12	89	10.6
Biological oxygen demand	<2	mg/L	0.10	98	9.8
Nitrates	0.09	mg/L	0.10	98	9.8
Phosphorus	0.05	mg/L	0.10	99	9.9
Water temperature	12.9	°C	0.10	32	3.2
Turbidity	0.52	NTU	0.08	99	7.9
Total dissolved solids	138.9	mg/L	0.08	79	6.3
TOTAL			1	73	CALIDAD BUENA

Se observa los subíndices de calidad del agua en la parte media como el porcentaje de saturación del Oxígeno Disuelto (OD) = 6.78 mg/L con subíndice de 4; coliformes fecales = 0.99 NMP/100ml con un subíndice de 98; donde el pH = 7.11 cuyo subíndice de calidad es 89; Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) = 1.99 mg/L con subíndice de 98; Temperatura = 12.9 °C con subíndice de 32; Fosfato = 0,05 mg/L con subíndice de

0.10; Nitratos = 0.09 mg/L con subíndice de 98; turbidez con 0.52 NTU con un subíndice de 99; Sólidos totales disueltos = 138.9 mg/L con índice de 79.

$$ICA - NSF = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

$$ICA - NSF = 73.00$$

En la parte baja (segundo punto), se obtuvo un valor de 73.00 en el rango de calidad de agua de 71 a 90 en el cual nos dice que es de Calidad: Buena, a continuación realizamos la representación gráfica de éste resultado:

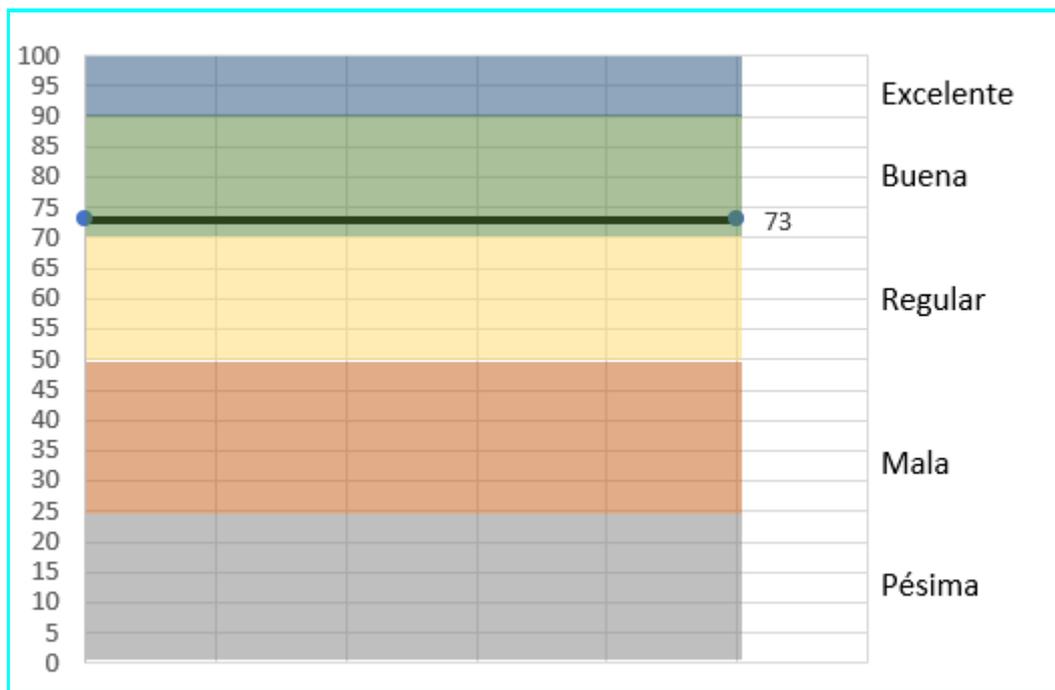


Figura 24: Representación gráfica de la calidad del agua determinado para el segundo punto.

Tabla 08: Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado en ICA TEST 1.0 para el agua del tercer punto.

Parameters	Mean value	Unit	Weight (Wi)	Q-Value (Qi)	WiQi
Dissolve oxygen	6.82	mg/L	0.17	4.2	0.7
Fecal coliforms	<1	NMP /100 ml	0.15	98	14.7
pH	7.5		0.12	92	11.04
Biological oxygen demand	<2	mg/L	0.10	98	9.8
Nitrates	0.09	mg/L	0.10	98	9.8
Phosphorus	0.05	mg/L	0.10	99	9.9
Water temperature	12.9	°C	0.10	32	3.2
Turbidity	0.63	NTU	0.08	98.9	7.9
Total dissolved solids	91.6	mg/L	0.08	84	6.7
TOTAL			1	73.78	CALIDAD BUENA

Se observa los subíndices de calidad del agua en la parte baja como el porcentaje de saturación del Oxígeno Disuelto (OD) = 6.82 mg/L con subíndice de 4.2; coliformes fecales = 0.99 NMP/100ml con un subíndice de 98; donde el pH = 7.5 cuyo subíndice de calidad es 92; Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) = 1.99 mg/L con subíndice de 98; Temperatura = 12.9 °C con subíndice de 32; Fosfato = 0.05 mg/L con subíndice de

99; Nitratos = 0.09 mg/l con subíndice de 98; turbidez con 0.63 NTU con un subíndice de 98.9; Sólidos totales disueltos= 91.6 mg/L con índice de 84.

$$ICA - NSF = \sum_{i=1}^n SiWi$$

$$ICA - NSF = 73.786$$

En la parte alta (tercer punto), se obtuvo un valor de 73.786 en el rango de calidad de agua de 71 a 90 en el cual nos dice que es de Calidad: Buena, a continuación realizamos la representación gráfica de éste resultado:

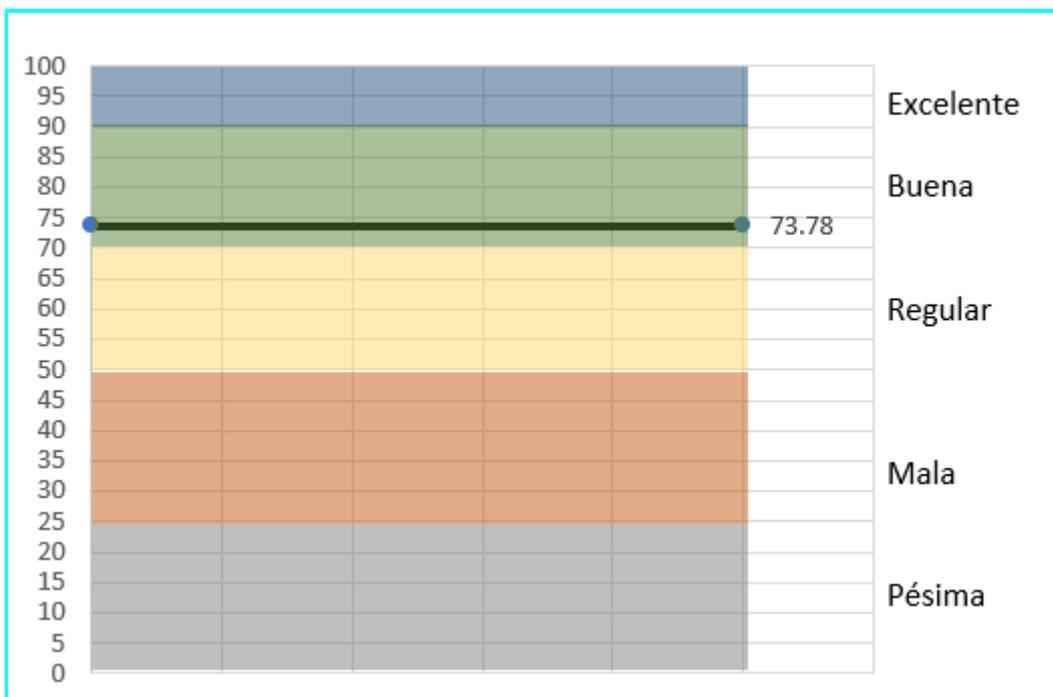


Figura 25: Representación gráfica de la calidad del agua determinado para el tercer punto.

Tabla 09: Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado en ICA TEST 1.0 para el agua del cuarto punto

Parameters	Mean value	Unit	Weight (Wi)	Quality (Qi)	WiQi
Dissolve oxygen	5.93	mg/L	0.17	3.5	0.59
Fecal coliforms	<1	MPN/100m l	0.15	98	14.7
pH	7.28		0.12	98.1	11.7
Biological oxygen demand	<2	mg/L	0.10	98	9.8
Nitrates	46.2	mg/L	0.10	13	1.3
Phosphorus	0.10	mg/L	0.10	98	9.8
Water temperature	12.9	°C	0.10	32	3.2
Turbidity	0.95	NTU	0.08	98.8	7.9
Total dissolved solids	115.8	mg/L	0.08	82	6.56
TOTAL			1	65.63	CALIDAD MEDIA

Se observa los subíndices de calidad del agua en la parte baja como el porcentaje de saturación del Oxígeno Disuelto (OD) = 5.93 mg/L con subíndice de 3.5; coliformes fecales = 0.99 NMP/100ml con un subíndice de 98; donde el pH = 7.28 cuyo subíndice de calidad es 98.1; Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) = 1.99 mg/L con subíndice

de 98; Temperatura = 12.9 °C con subíndice de 32; Fosfato = 0.10 mg/L con subíndice de 98; Nitratos = 46.2 mg/L con subíndice de 13; turbidez con 0.95 NTU con un subíndice de 98.8; Sólidos totales disueltos = 115.8 mg/L con índice de 82.

$$ICA - NSF = \sum_{i=1}^n SiWi$$

$$ICA - NSF = 65.631$$

En la parte alta (cuarto punto), se obtuvo un valor de 65.631 en el rango de calidad de agua de 51 a 70 en el cual nos dice que es de Calidad: Regular, a continuación realizamos la representación gráfica de éste resultado:

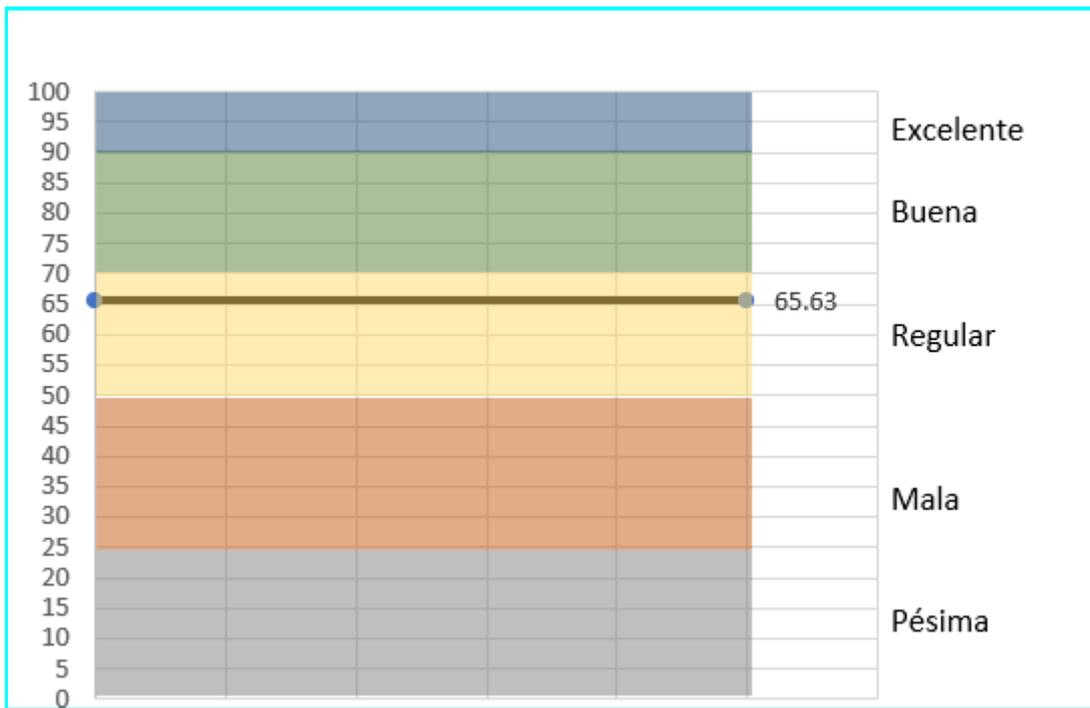


Figura 26: Representación gráfica de la calidad del agua determinado para el cuarto punto.

Valle & Laura (2021), analizaron parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos mediante medidores multiparamétricos y métodos volumétricos en la zona roja de Veracruz en México. Con los resultados de los parámetros se calculó el ICA para las tres subzonas

de la zona semáforo, obtenido una interpretación de excelente a malo durante la época de secas y de buena a malo en época de lluvias, en la investigación realizada se obtuvo valores de ICA-NSF de (73.03, 73, 73.786, 65.631) en los puntos de 1 al 4 respectivamente, lo que indica una calidad de (Buena, buena, buena, regular) durante los meses de lluvia y sequía, se presume que por ser aguas de tipo subterráneas la geomorfología de la zona actúa como filtro natural, ayudando a la mejora de la calidad de agua.

En la figura 27, se ve la variación de los valores resultantes del ICA-NSF en los que se puede ver, que en los puntos de la investigación de la parte baja (P1 y P2) y parte alta (P3) están en un rango de un agua de calidad de tipo “BUENA” y el punto de la parte alta (P4) que es un agua de una calidad de tipo “REGULAR”.

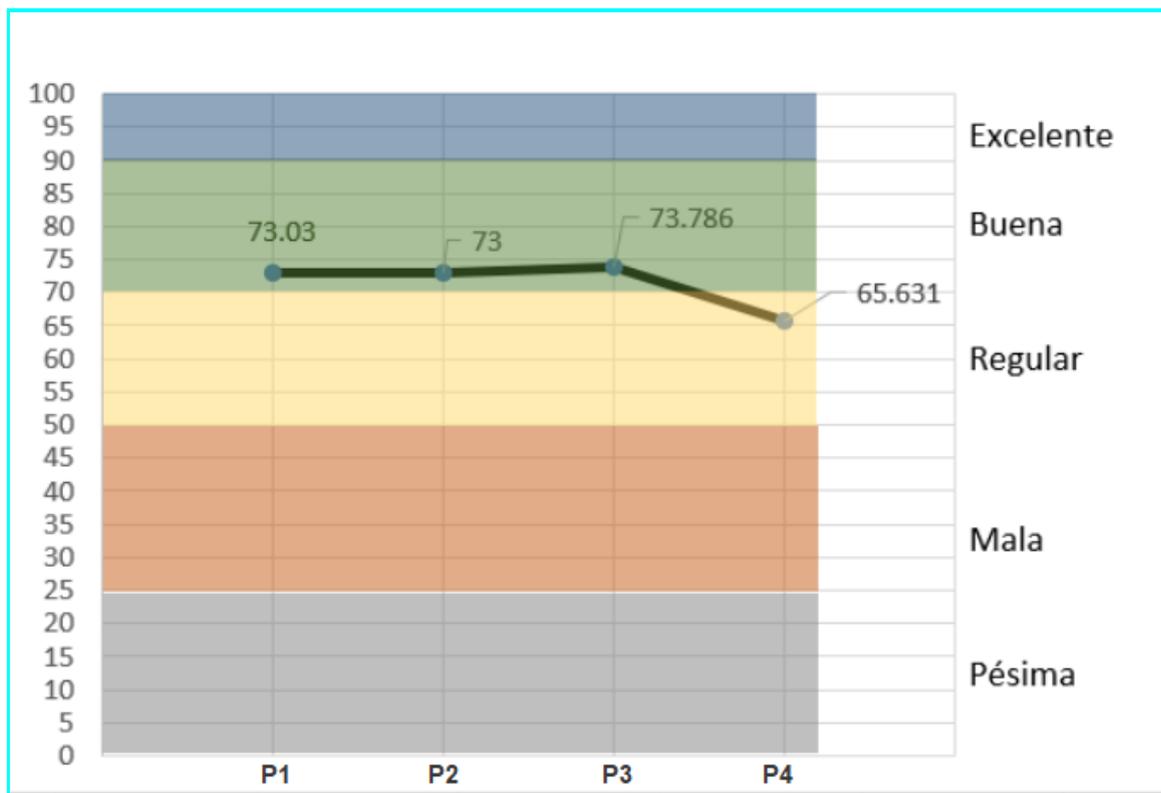


Figura 27: Variación del ICA-NSF en los cuatro puntos de muestreo

La metodología utilizada por Guimaraes (2022), en el caso del ICA aplicables a fuentes de agua para potabilización además de las evaluaciones de los parámetros OD, DBO, nitratos, sólidos suspendidos y coliformes totales, menciona el autor que se deberá considerar con mayor peso, al N-NO₃, color, arsénico y boro, en la investigación se tomó como metodología el ICA-NSF en la cual según expertos se consideró como parámetros para la determinación de la calidad, los de oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, DBO₅, nitratos, fósforo, temperatura, turbidez y sólidos totales disueltos.

4.3. Contrastación de las Hipótesis

❖ Contrastación de la Hipótesis Especifica 1

H₀: Los valores de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de pozos subterráneos del barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno, indican que son aptas para consumo humano.

H_a: Los valores de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de pozos subterráneos del barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno, indican que no son aptas para consumo humano.

Interpretación : A partir de los resultados obtenidos de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de pozos subterráneos del barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno, se rechaza la hipótesis alterna H_a y se acepta la hipótesis nula H₀.

❖ **Contrastación de la Hipótesis Específica 2.**

H0: Las aguas de pozos subterráneos del el barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno, cumplen con el índice de calidad de agua NSF para consumo humano.

Ha: Las aguas de pozos subterráneos del el barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno, no cumplen con el índice de calidad de agua NSF para consumo humano.

Interpretación : A partir de los resultados obtenidos de las aguas de pozos subterráneos del el barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno, se rechaza la hipótesis alterna Ha y se acepta la hipótesis nula Ho.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Al evaluar la calidad de agua de los pozos subterráneos del barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno para consumo humano, mediante el ICA-NSF indica que es de BUENA CALIDAD por consiguiente es apta para su consumo ”.

SEGUNDA: Los analisis de laboratorio de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas de pozo arrojaron valores para el oxígeno disuelto (6.20, 6.78, 6.82, 5.93 mg/L), coliformes fecales (0.99, 0.99, 0.99, 0.99 NMP/100ml), pH (7.69, 7.11, 7.5, 7.28), DBO₅ (1.99, 1.99, 1.99, 1.99 mg/L), nitratos (0.09, 0.09, 0.09, 46.2 mg/L), fósforo (0.05, 0.05, 0.05, 0.10 mg/L), temperatura (12.9, 12.9, 12.9, 12.9 °C), turbidez (0.56, 0.52, 0.63, 0.95 NTU), y sólidos totales disueltos (143.1, 138.9, 91.6, 115.8 mg/L) para los 4 puntos respectivamente, los cuales sirvieron para la determinación de la calidad de agua mediante el metodo ICA-NSF.

TERCERA: En cuanto a la determinación del ICA-NSF para cada punto de acuerdo a los resultados fueron en el primer punto de calidad buena, en el segundo punto de calidad buena, en el tercer punto de calidad buena y en el cuarto punto de calidad Media. Por consiguiente, según el ICA - NSF, las aguas son aptas para consumo humano.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: A las Instituciones competentes como la ANA, EMSA-PUNO, implementar un tratamiento convencional para elevar la calidad del agua de pozos subterráneos que se utilizan para consumo humano.

SEGUNDA: A la Municipalidad Provincial de Puno, gestionar presupuestos para financiar los proyectos para dotar de agua a la población de las zonas urbano marginales que no cuentan con la disponibilidad de agua potable.

TERCERA: A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Privada San Carlos, fomentar este tipo de investigaciones que ayudará a la población de Puno a conocer el tipo de calidad de agua de pozos subterráneos que utilizan para consumo humano.

CUARTA: A los futuros investigadores ampliar el rango de la población y muestra en barrios aledaños que también cuentan con pozos subterráneos, para poder determinar la calidad según el ICA-NSF y también hacer una determinación de comparación con el ECA nacional.

BIBLIOGRAFÍA

- AECID, S. (2017). *La importancia de las aguas subterráneas en la gestión integrada de los recursos hídricos: Aplicaciones prácticas en proyectos de cooperación internacional para el desarrollo*.
https://interconecta.aecid.es/Gestin%20del%20conocimiento/relatoria_igme_web.pdf
- Baque-Mite, R., Simba-Ochoa, L., González-Ozorio, B., Suatunce, P., Diaz-Ocampo, E., & Cadme-Arevalo, L. (2016). Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador. *Revista Ciencia Unemi*, 9(20), 109-117.
- Cabrera Molina, E., Hernández Garciadiego, L., Gómez Ruíz, H., & Cañizares Macías, M. del P. (2003). Determinación de nitratos y nitritos en agua: Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. *Revista de la Sociedad Química de México*, 47(1), 88-92.
- Caho-Rodríguez, C. A., & López-Barrera, E. A. (2017). Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. *Producción + Limpia*, 12(2), 35-49.
<https://doi.org/10.22507/pml.v12n2a3>
- Can, Á., Ortega, H. M., García, N. E., Reyes, A. L., González, V., & Román, D. F. (2018). *ORIGEN Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA CUENCA ORIENTAL DE MÉXICO*
[[Http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792011000200189&script=sci_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792011000200189&script=sci_arttext)]. Origin and Quality of the Groundwater in the Oriental Basin of Mexico.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792011000200189&script=sci_arttext
- Chong, A. (2018). "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL

CENTRO POBLADO MENOR LA LIBERTAD, DISTRITO DE SAN RAFAEL, PROVINCIA DE BELLAVISTA, REGIÓN SAN MARTÍN – PERÚ. *UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN TARAPOTO*, 91.

Choque Mestas, P. G. (2021). Determinación de valores físicos y químicos en el manantial Unkuñani, según la normativa vigente en el barrio Alto Huascar Puno 2020. *Universidad Privada San Carlos*.
<http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/4591>

Cirelli, A. F. (2012). El agua: Un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 147-170.

Col, I., Laboratorio, monitoreo, consultoría y equipo Bucaramanga-. (2022). *DBO y DQO | Publicaciones*. Induanalisis, Laboratorio, monitoreo, consultoría y equipo. Bucaramanga - Col.
https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/dbo_y_dqo_31

García-Vargas, A., & Reyes-Navarrete, M. G. (2017). *CLORUROS TOTALES EN EL AGUA DE ABASTECIMIENTO*. 3.

Guimaraes Pérez, L. X. (2022). *Evaluación de la Calidad del agua para consumo humano en el Asentamiento Humano San Isidro, Callería-Ucayali, 2020* [UNU].
<http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5194>

Gutierrez, L. S., Silva, T., & Bonilla, C. A. W. (2019). Evaluación de la calidad del agua mediante el índice icacosu en la microcuenca los pozos, Aquitania. *Ingenio Magno*, 10(1), 39-53.

Hannainstruments, H. (2022). *¿Qué es el pH? | HANNA Instruments Colombia*.
<https://www.hannacolombia.com/blog/post/447/que-es-el-ph>

IDEAM. (2018). *INSTRUCTIVO DE ENSAYO. DETERMINACIÓN DE TURBIEDAD POR NEFELOMETRÍA*.

<http://sgi.ideam.gov.co/documents/412030/97658415/M-S-LC-I036+INSTRUCTIVO+DE+ENSAYO+DETERMINACION%3%93N+TURBIEDAD.pdf/aa323cbe-316d-48>

d9-becd-643641fcd4ad?version=1.0

- IDEAM, I. (2022). *DUREZA TOTAL EN AGUA CON EDTA POR VOLUMETRÍA*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Dureza+total+en+agua+con+EDTA+por+volumetr%C3%ADa.pdf/44525f65-31ff-482e-bbf6-130f5f9ce7c3>
- Induanalisis, I., Laboratorio, monitoreo, consultoría y equipo Bucaramanga-. (2022). *TURBIDEZ | Publicaciones*. Induanalisis, Laboratorio, monitoreo, consultoría y equipo. Bucaramanga - Col. https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/turbidez_28
- Lange. (2018). *Eliminación y determinación de fosfato*. Interempresas. <https://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/37743-Eliminacion-y-determinacion-de-fosfato.html>
- Linseis, L. (2019, febrero 13). Conductividad eléctrica: Métodos, técnicas e instrumentos. *Linseis Messgeräte GmbH*. <https://www.linseis.com/es/propiedades/resistividad-electrica/>
- Percca Naira, N. (2021). Evaluación de la contaminación por Arsénico (AS) en agua de pozos para consumo humano, anexo Collana II, Distrito Huata, 2021. *Universidad Privada San Carlos*. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/4719>
- Rodriguez Rodriguez, A. J. (2021). Niveles de concentración de Arsénico (AS) en pozos de centros poblados—Distrito de Coata, 2019. *Universidad Privada San Carlos*. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/4713>
- Sandoval, E. R. (2021). Análisis de la calidad de agua para consumo humano en pozos tubulares del Centro Poblado de Moro Paucarcolla, Puno 2019. *Universidad Privada San Carlos*. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/4628>
- Sigler, P. W. A., & Bauder, J. (2021). Alcalinidad, potencial de Hidrogeniones, y Sólidos Disueltos Totales. 1.

- SNET. (2020). *Calculo ICA*. <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf>
- Supo Quispe, L. A., & Butrón Pinazo, S. B. (2021). DEGRADACIÓN DEL FENOL EN AGUAS RESIDUALES DE BAÑOS QUÍMICOS PORTÁTILES DEL SECTOR CONSTRUCCIÓN MEDIANTE *Pseudomonas aeruginosa*. *Revista De Investigaciones* , 10(1), 15-25. <https://doi.org/10.26788/riepg.v10i1.2405>
- Valle, G. del, & Laura, D. (2021, enero). *Índice de calidad del agua en pozos artesianos en una zona carente de drenaje* [Tesis de Maestría]. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Región Poza Rica-Tuxpan. <https://cdigital.uv.mx/>
- Vásquez Vásquez, F. (2019). *EVALUACIÓN DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA EN EL AREA DE INFLUENCIA DEL BOTADERO MUNICIPAL DE TARAPOTO SECTOR YACUCATINA – SAN MARTIN – PERU* [UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN TARAPOTO]. <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/461/TPEPG-M000062010.pdf?sequence=3>
- Waterboards, C. A. (2022). *Folleto Informativo Temperatura*. https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3120sp.pdf
- Whitman. (2018). *Oxigeno disuelto*. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/952-2015-02-14-Oxigeno%20disuelto%20f.pdf>

ANEXO 01

PANEL FOTOGRÁFICO



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
 FACULTAD ACREDITADA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
 LQ - 2022



Nº 001608

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUAS: POZO MUESTRA 01

PROCEDENCIA : BARRIO 2 DE MAYO, DISTRITO DE PUNO

PROYECTO : PROYECTO DE EVALUACIÓN DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA EN POZOS DEL BARRIO 2 DE MAYO DE LA CIUDAD DE PUNO, 2022

INTERESADO : MARIA ELENA CALLA PARILLO

MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA

MUESTREO : 15/08/2022, por el interesado

ANÁLISIS : 15/08/2022

COD. MUESTRA : B009-000362

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:

ASPECTO : Líquido

COLOR : Incoloro

OLOR : Inodoro

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

pH : 7.69

Temperatura : 12.9 °C

Conductividad Eléctrica : 68.20 μ S/cm

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Dureza Total como CaCO₃ : 182.28 mg/L

Alcalinidad como CaCO₃ : 98.48 mg/L

Cloruros como Cl⁻ : 47.99 mg/L

Sulfatos como SO₄²⁻ : 0.30 mg/L

Nitratos como NO₃⁻ : 0.09 mg/L

Calcio como Ca⁺⁺ : 54.74 mg/L

Magnesio como Mg⁺⁺ : 11.04 mg/L

Fosforo como P : 0.05 mg/L

Demanda Bioquímica de Oxígeno : <2 mg/L

Oxígeno Disuelto : 6.20 mg/L

Sólidos Totales Disueltos : 143.10 mg/L

Porcentaje de salinidad : 0.00 %

Turbidez : 0.56 NTU

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICO

Coliformes totales : <1 NMP/100ml

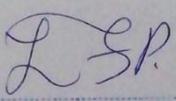
Coliformes fecales : <1 NMP/100ml

INTERPRETACIÓN

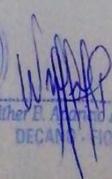
1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental, para agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que es APTO Para consumo humano.

Puno, C.U. 06 de setiembre del 2022.

VºBº



ING. LUZ MARINA TEVES PONCE
 ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
 FIC - UNA - CIP - 112272



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
 DECANO
 Walther E. Aragón, Ph.D
 DECANO FIC - UNA

Ciudad Universitaria Av. Floral s/n Facultad de Ing. Química - Telefax: (051) 366190

Figura 28: Resultados del Laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería Química de la UNAP, para el punto 1.



Figura 29: Resultados del Laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería Química de la UNAP, para el punto 2.



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
 FACULTAD ACREDITADA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



LQ - 2022 001607

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUAS: POZO MUESTRA 03

PROCEDENCIA : BARRIO 2 DE MAYO, DISTRITO DE PUNO

PROYECTO : PROYECTO DE EVALUACIÓN DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA EN POZOS DEL BARRIO 2 DE MAYO DE LA CIUDAD DE PUNO, 2022

INTERESADO : MARIA ELENA CALLA PARILLO

MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA

MUESTREO : 15/08/2022, por el interesado

ANÁLISIS : 15/08/2022

COD. MUESTRA : B009-000364

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:

ASPECTO : Líquido

COLOR : Incoloro

OLOR : Inodoro

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

pH : 7.50

Temperatura : 12.9 °C

Conductividad Eléctrica : 183.60 $\mu\text{S}/\text{cm}$

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Dureza Total como CaCO_3 : 356.84 mg/L

Alcalinidad como CaCO_3 : 212.04 mg/L

Cloruros como Cl^- : 83.97 mg/L

Sulfatos como SO_4^{2-} : 38.52 mg/L

Nitratos como NO_3^- : 0.09 mg/L

Calcio como Ca^{++} : 87.57 mg/L

Magnesio como Mg^{++} : 33.52 mg/L

Fosforo como P : 0.05 mg/L

Demanda Bioquímica de Oxígeno : <2 mg/L

Oxígeno Disuelto : 6.82 mg/L

Sólidos Totales Disueltos : 91.60 mg/L

Porcentaje de salinidad : 0.10 %

Turbidez : 0.63 NTU

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICO

Coliformes totales : <1 NMP/100ml

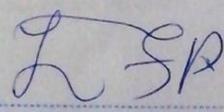
Coliformes fecales : <1 NMP/100ml

INTERPRETACIÓN

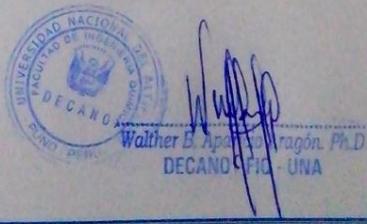
1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental, para agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que es APTO Para consumo humano.

Puno, C.U. 06 de setiembre del 2022.

VºBº



ING. LUZ MARINA TEVES PONCE
 ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
 FIC - UNA - CIP - 182363



Walther B. Apaza Aragón Ph.D
 DECANO FIC - UNA

Ciudad Universitaria Av. Floral s/n Facultad de Ing. Química - Telefax: (051) 366190

Figura 30: Resultados del Laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería Química de la UNAP, para el punto 3.



Figura 31: Resultados del Laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería Química de la UNAP, para el punto 4.



Figura 32: Toma de muestra en los puntos determinados en la investigación.



Figura 33: Toma de muestra en los puntos determinados en la investigación.



Figura 34: Toma de muestra en los puntos determinados en la investigación.



Figura 35: Toma de muestra en los puntos determinados en la investigación.

ANEXO 02: APHA 2018 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

Part 1000 INTRODUCTION

1010 INTRODUCTION**1010 A. Scope and Application of Methods**

The procedures described in these standards are intended for the examination of waters of a wide range of quality, including water suitable for domestic or industrial supplies, surface water, ground water, cooling or circulating water, boiler water, boiler feed water, treated and untreated municipal or industrial wastewater, and saline water. The unity of the fields of water supply, receiving water quality, and wastewater treatment and disposal is recognized by presenting methods of analysis for each constituent in a single section for all types of waters.

An effort has been made to present methods that apply generally. Where alternative methods are necessary for samples of different composition, the basis for selecting the most appropriate method is presented as clearly as possible. However, samples with extreme concentrations or otherwise unusual compositions or characteristics may present difficulties that preclude the direct use of these methods. Hence, some modification of a procedure may be necessary in specific instances. Whenever a procedure is modified, the analyst should state plainly the nature of modification in the report of results.

Certain procedures are intended for use with sludges and sediments. Here again, the effort has been to present methods of the widest possible application, but when chemical sludges or slurries or other samples of highly unusual composition are encountered, the methods of this manual may require modification or may be inappropriate.

Most of the methods included here have been endorsed by regulatory agencies. Procedural modification without formal approval may be unacceptable to a regulatory body.

The analysis of bulk chemicals received for water treatment is not included herein. A committee of the American Water Works Association prepares and issues standards for water treatment chemicals.

Part 1000 contains information that is common to, or useful in, laboratories desiring to produce analytical results of known quality, that is, of known accuracy and with known uncertainty in that accuracy. To accomplish this, apply the quality assurance methods described herein to the standard methods described elsewhere in this publication. Other sections of Part 1000 address laboratory equipment, laboratory safety, sampling procedures, and method development and validation, all of which provide necessary information.

© Copyright 1999 by American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation

2510 B. Laboratory Method**1. General Discussion**

See Section 2510A.

© Copyright 1999 by American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**2. Apparatus**

a. Self-contained conductivity instruments: Use an instrument capable of measuring conductivity with an error not exceeding 1% or 1 $\mu\text{mho/cm}$, whichever is greater.

b. Thermometer, capable of being read to the nearest 0.1°C and covering the range 23 to 27°C. Many conductivity meters are equipped to read an automatic temperature sensor.

c. Conductivity cell:

1) Platinum-electrode type—Conductivity cells containing platinized electrodes are available in either pipet or immersion form. Cell choice depends on expected range of conductivity. Experimentally check instrument by comparing instrumental results with true conductivities of the KCl solutions listed in Table 2510:I. Clean new cells, not already coated and ready for use, with chromic-sulfuric acid cleaning mixture [see Section 2580B.3a2)] and platinize the electrodes before use. Subsequently, clean and replatinize them whenever the readings become erratic, when a sharp end point cannot be obtained, or when inspection shows that any platinum black has flaked off. To platinize, prepare a solution of 1 g chloroplatinic acid, $\text{H}_2\text{PtCl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, and 12 mg lead acetate in 100 mL distilled water. A more concentrated solution reduces the time required to platinize electrodes and may be used when time is a factor, e.g., when the cell constant is 1.0/cm or more. Immerse electrodes in this solution and connect both to the negative terminal of a 1.5-V dry cell battery. Connect positive side of battery to a piece of platinum wire and dip wire into the solution. Use a current such that only a small quantity of gas is evolved. Continue electrolysis until both cell electrodes are coated with platinum black. Save platinizing solution for subsequent use. Rinse electrodes thoroughly and when not in use keep immersed in distilled water.

2) Nonplatinum-electrode type—Use conductivity cells containing electrodes constructed from durable common metals (stainless steel among others) for continuous monitoring and field studies. Calibrate such cells by comparing sample conductivity with results obtained with a laboratory instrument. Use properly designed and mated cell and instrument to minimize errors in cell constant. Very long meter leads can affect performance of a conductivity meter. Under such circumstances, consult the manufacturer's manual for appropriate correction factors if necessary.

2540 SOLIDS#(43)***2540 A. Introduction**

Solids refer to matter suspended or dissolved in water or wastewater. Solids may affect water or effluent quality adversely in a number of ways. Waters with high dissolved solids generally are of inferior palatability and may induce an unfavorable physiological reaction in the transient consumer. For these reasons, a limit of 500 mg dissolved solids/L is desirable for drinking waters. Highly mineralized waters also are unsuitable for many industrial applications. Waters high in suspended solids may be esthetically unsatisfactory for such purposes as bathing. Solids analyses are important in the control of biological and physical wastewater treatment processes and for assessing compliance with regulatory agency wastewater effluent limitations.

© Copyright 1999 by American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**1. Definitions**

“Total solids” is the term applied to the material residue left in the vessel after evaporation of a sample and its subsequent drying in an oven at a defined temperature. Total solids includes “total suspended solids,” the portion of total solids retained by a filter, and “total dissolved solids,” the portion that passes through the filter.

The type of filter holder, the pore size, porosity, area, and thickness of the filter and the physical nature, particle size, and amount of material deposited on the filter are the principal factors affecting separation of suspended from dissolved solids. “Dissolved solids” is the portion of solids that passes through a filter of 2.0 μm (or smaller) nominal pore size under specified conditions. “Suspended solids” is the portion retained on the filter.

“Fixed solids” is the term applied to the residue of total, suspended, or dissolved solids after heating to dryness for a specified time at a specified temperature. The weight loss on ignition is called “volatile solids.” Determinations of fixed and volatile solids do not distinguish precisely between inorganic and organic matter because the loss on ignition is not confined to organic matter. It includes losses due to decomposition or volatilization of some mineral salts. Better characterization of organic matter can be made by such tests as total organic carbon (Section 5310), BOD (Section 5210), and COD (Section 5220).

“Settleable solids” is the term applied to the material settling out of suspension within a defined period. It may include floating material, depending on the technique (Section 2540F.3b).

2. Sources of Error and Variability

Sampling, subsampling, and pipeting two-phase or three-phase samples may introduce serious errors. Make and keep such samples homogeneous during transfer. Use special handling to insure sample integrity when subsampling. Mix small samples with a magnetic stirrer. If suspended solids are present, pipet with wide-bore pipets. If part of a sample adheres to the sample container, consider this in evaluating and reporting results. Some samples dry with the formation of a crust that prevents water evaporation; special handling is required to deal with this. Avoid using a magnetic stirrer with samples containing magnetic particles.

2550 TEMPERATURE#(49)***2550 A. Introduction**

Temperature readings are used in the calculation of various forms of alkalinity, in studies of saturation and stability with respect to calcium carbonate, in the calculation of salinity, and in general laboratory operations. In limnological studies, water temperatures as a function of depth often are required. Elevated temperatures resulting from discharges of heated water may have significant ecological impact. Identification of source of water supply, such as deep wells, often is possible by temperature measurements alone. Industrial plants often require data on water temperature for process use or heat-transmission calculations.

© Copyright 1999 by American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**2550 B. Laboratory and Field Methods****1. Laboratory and Other Non-Depth Temperature Measurements**

Normally, temperature measurements may be made with any good mercury-filled Celsius thermometer. As a minimum, the thermometer should have a scale marked for every 0.1°C, with markings etched on the capillary glass. The thermometer should have a minimal thermal capacity to permit rapid equilibration. Periodically check the thermometer against a precision thermometer certified by the National Institute of Standards and Technology (NIST, formerly National Bureau of Standards)#(50)* that is used with its certificate and correction chart. For field operations use a thermometer having a metal case to prevent breakage.

Thermometers are calibrated for total immersion or partial immersion. One calibrated for total immersion must be completely immersed to the depth of the etched circle around the stem just below the scale level.

2. Depth Temperature Measurements

Depth temperature required for limnological studies may be measured with a reversing thermometer, thermophone, or thermistor. The thermistor is most convenient and accurate; however, higher cost may preclude its use. Calibrate any temperature measurement devices with a NIST-certified thermometer before field use. Make readings with the thermometer or device immersed in water long enough to permit complete equilibration. Report results to the nearest 0.1 or 1.0°C, depending on need.

ANEXO 03

MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ: EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA EN POZOS DEL BARRIO 2 DE MAYO DE LA CIUDAD DE PUNO, 2022

AUTORA: Maria Elena Calla Parillo

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	Variable	Indicadores	Instrumentos	Técnica de procesamiento de datos
¿Cuál será la calidad del agua para consumo humano de acuerdo al índice de calidad NSF para los pozos subterráneos del barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno, 2022?	Evaluar la calidad del agua para consumo humano de acuerdo al índice de calidad NSF para los pozos subterráneos del barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno, 2022	La calidad del agua de acuerdo al índice de calidad NSF de los pozos subterráneos del barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno, no es apta para el consumo humano.	Variable independiente: Parámetros físicoquímicos y microbiológicos	<p>Parámetros físicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pH - turbidez, - sólidos disueltos totales - temperatura <p>Parámetros químicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - demanda bioquímica de oxígeno en 5 días, - nitratos - fosfatos - oxígeno disuelto <p>Parámetros microbiológicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Coliformes fecales. <p>Índice de calidad del agua (ICA) mediante protocolo de la Fundación nacional de saneamiento (NSF) de los Estados Unidos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Pruebas de laboratorio. - Pruebas de laboratorio. - Diseño de Gráficos de Control y Gráfico de Rangos. <p>Índice de calidad del agua (ICA) mediante protocolo de la Fundación nacional de saneamiento (NSF) de los Estados Unidos.</p>	<p>Análisis e interpretación de datos de laboratorio. Aplicación de la fórmula.</p>
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS				
¿Cuáles serán los valores de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de pozos subterráneos para consumo humano del barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno?	Determinar los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de pozos subterráneos para consumo humano del barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno.	Los valores de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de pozos subterráneos del barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno, indican que no son aptas para consumo humano.	Variable dependiente Calidad del agua			

<p>¿Cuál será el índice de calidad del agua NSF para los pozos subterráneos para consumo humano, del el barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno?</p>	<p>Calcular el índice de calidad del agua NSF para los pozos subterráneos para consumo humano, del barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno.</p>	<p>Las aguas de pozos subterráneos del el barrio 2 de Mayo de la ciudad de Puno, no cumplen con el índice de calidad del agua NSF para consumo humano.</p>				
--	---	--	--	--	--	--