



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

## FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA), EN  
POZOS SUBTERRÁNEOS DE TRES CENTROS EDUCATIVOS DE LA  
URBANIZACIÓN NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ - CIUDAD DE  
JULIACA – SAN ROMÁN.**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**ARMANDO RAEI GARAY VELASQUEZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO QUÍMICO**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



NOMBRE DEL TRABAJO

**EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD D  
EL AGUA (ICA), EN POZOS SUBTERRÁNE  
OS DE TRES CENTROS EDUCATIVOS DE**

AUTOR

**ARMANDO RAE L GARAY VELASQUEZ**

RECuento DE PALABRAS

**25126 Words**

RECuento DE CARACTERES

**132290 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**152 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**11.0MB**

FECHA DE ENTREGA

**May 16, 2024 10:38 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**May 16, 2024 10:40 AM GMT-5**

● **15% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)



Firmado digitalmente por MIRANDA  
ZEA Norberto Sixto FAU  
20145496170 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 16.05.2024 12:34:36 -05:00



Firmado digitalmente por QUILLE  
CALIZAYA German FAU  
20145496170 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 16.05.2024 10:42:59 -05:00



## DEDICATORIA

*Este trabajo lo dedico a DIOS por su sabiduría, inteligencia y fortaleza que El me brinda cada día.*

*A mi esposa e hijas porque son el motivo de mi esfuerzo y superación, por su paciencia y amor incondicional.*

*A mi madre y hermana por su constante apoyo incondicional y palabras de ánimo para seguir creciendo profesionalmente.*

***Armando Rael Garay Velasquez***



## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a la facultad de Ingeniería Química y a todos mis docentes quienes me enseñaron a crecer profesionalmente con sus conocimientos y experiencias gracias por la dedicación y el tiempo brindado en estos años de estudio.*

*Agradezco al Doctor Norberto Miranda Zea por guiarme en la elaboración de este trabajo.*

*Agradezco a las instituciones educativas que me brindaron su apoyo para poder realizar este trabajo.*

***Armando Rael Garay Velasquez***



# INDICE GENERAL

Pag.

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**INDICE GENERAL**

**INDICE DE TABLAS**

**INDICE DE FIGURAS**

**ACRONIMOS**

**RESUMEN ..... 17**

**ABSTRACT ..... 18**

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL ..... 20**

**1.2. FORMULACIÓN DE PROBLEMAS ESPECÍFICOS ..... 21**

**1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN..... 21**

1.3.1. Hipótesis general ..... 21

1.3.2. Hipótesis específicos ..... 21

**1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO ..... 22**

**1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN ..... 25**

1.5.1. Objetivo general ..... 25

1.5.2. Objetivos específicos..... 25

## **CAPITULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. MARCO TEÓRICO..... 27**

2.1.1. Aguas naturales Continentales ..... 27



2.1.2. Agua subterránea .....	27
2.1.3. Acuífero .....	27
2.1.4. Pozos subterráneos.....	28
2.1.5. Índice de calidad del agua ICA.....	28
2.1.6. Agua para consumo humano.....	29
2.1.7. Contaminación del agua.....	29
2.1.8. Parámetros físicos de la calidad del agua. ....	29
2.1.9. Parámetros Químicos de la calidad del agua.....	31
2.1.10. Parámetros bacteriológicos de la calidad del agua.....	34
2.1.11. Parámetros de Campo.....	35
2.1.12. Protocolo de procedimientos para la toma de muestras. ....	35
<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>35</b>
2.2.1. Identificación del Índice de la calidad de agua (ICA). ....	35
2.2.2. Delineación de los índices del ICA.....	36
2.2.3. Valoración del índice de calidad del agua (ICA).....	38
2.2.1. Valoración del índice de calidad del agua (ICA).....	43
<b>2.3. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO .....</b>	<b>47</b>
<b>CAPITULO III</b>	
<b>MATERIALES Y METODOS</b>	
<b>3.1. UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL ESTUDIO .....</b>	<b>55</b>
3.1.1. Ubicación geográfica. ....	55
3.1.2. Ubicación política.....	55
<b>3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>60</b>
<b>3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA .....</b>	<b>60</b>
3.3.1. Población. ....	60



3.3.2. Muestra.....	60
3.3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. ....	64
3.3.4. Diseño estadístico. ....	65
3.3.5. Variables. ....	66

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1. RESULTADOS.....</b>	<b>68</b>
4.1.1. Análisis de parámetros físico químicos y bacteriológicos del agua en los puntos de muestreo.....	68
4.1.2. Evaluaciones de parámetros físico químicos del agua In situ en los puntos de muestreo.....	72
4.1.3. Determinación de los Límites Máximo Permisible (LMP) y Estándares de Calidad de Aguas (ECAs) de parámetros físico químicos y bacteriológico de aguas de pozo.....	73
4.1.2. Evaluación del índice de calidad de agua (ICA-NSF) mediante resultados de parámetros físico químicos y bacteriológico del agua de los tres puntos de muestreo. ....	104
<b>4.2. EVALUACIÓN DEL PRODUCTO PONDERADO DEL AGUA (Q) PARA SUBÍNDICES DE PARÁMETROS (i) DEL AGUA Y PESOS RELATIVOS DE PONDERACIÓN (Wi) PARA EL ICA-NSF .....</b>	<b>107</b>
<b>4.3. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA), PARA LOS TRES PUNTOS DE MUESTREO DEL AREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>116</b>
<b>4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA DIFERENCIA DE MEDIAS DE LOS VALORES DE LOS (ICAs) DETERMINADOS.....</b>	<b>120</b>
4.4.1. Análisis de Varianza .....	120
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>124</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>126</b>



<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>127</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>132</b>

**AREA: Tecnologías ambientales y recursos naturales**

**TEMA: Evaluación del índice de calidad del agua (ICA), en pozos subterráneos de tres centros educativos de la Urbanización Néstor Cáceres Velásquez - ciudad de Juliaca – San Román.**

**FECHA DE SUSTENTACION: 17 de mayo 2024**



## INDICE DE TABLAS

	<b>Pag.</b>
<b>Tabla 1.</b> Valores del porcentaje de saturación del oxígeno disuelto en el Agua (Cs. OD) a diferentes temperaturas.....	32
<b>Tabla 2.</b> Selección de parámetros o variables de índices de calidad de agua (ICA) .....	36
<b>Tabla 3.</b> Clasificación del índice de calidad de agua (ICA) propuesto por Brown .....	38
<b>Tabla 4.</b> Pesos relativos de ponderación $W_i$ para cada parámetro del ICA.....	41
<b>Tabla 5.</b> Evaluaciones de índices de calidad de agua (ICA) para diferentes variables. ....	41
<b>Tabla 6.</b> Clasificación del índice de calidad de agua (ICA) propuesto por Brown .....	43
<b>Tabla 7.</b> Pesos relativos de ponderación $W_i$ para cada parámetro del ICA.....	45
<b>Tabla 8.</b> Escala de clasificación del ICA-NSF. ....	47
<b>Tabla 9.</b> Selección de parámetros físico químicos bacteriológicos del agua para la evaluación del ICA-NSF.....	62
<b>Tabla 10.</b> Análisis en laboratorio de diferentes parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua para consumo humano para determinar el índice de calidad de agua (ICA) .....	63
<b>Tabla 11.</b> Análisis físico químico y bacteriológico de aguas de pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite.....	69
<b>Tabla 12.</b> Análisis físico químico y bacteriológico de aguas de pozo subterráneo de la .....	70
<b>Tabla 13.</b> Análisis físico químico y bacteriológico de aguas de pozo subterráneo de la Institución De Educación Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega .....	71
<b>Tabla 14.</b> Análisis físico químico In Situ de aguas de pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite.....	72
<b>Tabla 15.</b> Análisis físico químico In Situ de aguas de pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604 Néstor Cáceres Velásquez.....	73



<b>Tabla 16.</b> Análisis físico químico In Situ de aguas de pozo subterráneo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso de la Vega .....	73
<b>Tabla 17.</b> Límites Máximo Permisible (LMP) y Estándares de Calidad de Aguas (ECAs) de parámetros físico químicos y bacteriológico del agua de pozo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite (M1).....	75
<b>Tabla 18.</b> Límites Máximo Permisible (LMP) y Estándares de Calidad de Aguas (ECAs) de parámetros físico químicos y bacteriológico del agua de pozo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604(M2) .....	85
<b>Tabla 19.</b> Límites Máximo Permisible (LMP) y Estándares de Calidad de Aguas (ECAs) de parámetros físico químicos y bacteriológico del agua de pozo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega (M3).....	95
<b>Tabla 20.</b> Parámetros físico químicos y bacteriológico del agua para determinar el índice de calidad de agua (ICA-NSF) de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite	105
<b>Tabla 21.</b> Parámetros físico químicos y bacteriológico del agua para determinar el índice de calidad de agua (ICA-NSF) de la Institución Educativa Primaria IEP 70604.....	106
<b>Tabla 22.</b> Parámetros físico químicos y bacteriológico del agua para determinar el índice de calidad de agua (ICA-NSF) Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega .....	106
<b>Tabla 23.</b> Evaluación del producto ponderado del agua ( $Q$ ) para parámetros ( $i$ ) del agua y pesos relativos de ponderación ( $W_i$ ) para el ICA-NSF de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite .....	108
<b>Tabla 24.</b> Producto ponderado del agua ( $Q$ ) promedio del punto de muestreo M1 - Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite .....	108



<b>Tabla 25.</b> Evaluación del producto ponderado del agua ( $Q$ ) para parámetros ( $i$ ) del agua y pesos relativos de ponderación ( $W_i$ ) para el ICA-NSF de la Institución Educativa Primaria IEP 70604 .....	109
<b>Tabla 26.</b> Producto ponderado del agua ( $Q$ ) promedio del punto de muestreo M2 - Institución Educativa Primaria IEP 70604.....	110
<b>Tabla 27.</b> Evaluación del producto ponderado del agua ( $Q$ ) para parámetros ( $i$ ) del agua y pesos relativos de ponderación ( $W_i$ ) para el ICA-NSF de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega. ....	111
<b>Tabla 28.</b> Producto ponderado del agua ( $Q$ ) promedio - punto de muestreo M3 Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega.....	111
<b>Tabla 29.</b> Escala de clasificación del ICA-NSF. ....	117
<b>Tabla 30.</b> Índice de calidad de agua ICA punto de muestreo (M1) Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite .....	118
<b>Tabla 31.</b> Índice de calidad de agua ICA punto de muestreo (M2) Institución Educativa Primaria IEP 70604.....	119
<b>Tabla 32.</b> Índice de calidad de agua ICA punto de muestreo (M3) Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega. ....	120



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Plano de ubicación del proyecto .....	56
<b>Figura 2.</b> Plano de ubicación local del proyecto .....	57
<b>Figura 3.</b> Plano hidrológico del proyecto .....	58
<b>Figura 4.</b> Plano de los puntos de muestreo de aguas naturales de pozos subterráneos.....	59
<b>Figura 5.</b> Evaluación del parámetro de pH (Potencial de Hidrógeno), de aguas naturales del pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite.....	76
<b>Figura 6.</b> Parámetro Temperatura °C, de aguas naturales del pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite.....	77
<b>Figura 7.</b> Parámetro físico químico del Oxígeno disuelto ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite.....	78
<b>Figura 8.</b> Parámetro químico de Fosfatos $\text{PO}_4 - 3$ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite.....	79
<b>Figura 9.</b> Parámetro químico de Nitratos $\text{NO}_3 - 1$ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite.....	80
<b>Figura 10.</b> Parámetro de la demanda biológica de oxígeno DBO ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite.	81
<b>Figura 11.</b> Parámetro de Sólidos totales disueltos ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite.....	82
<b>Figura 12.</b> Parámetro de Turbidez NTU, en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite.....	83
<b>Figura 13.</b> Parámetro Microbiológico de Coliformes fecales (NMP/100mL), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite.....	84
<b>Figura 14.</b> Evaluación del parámetro de pH (Potencial de Hidrógeno), de aguas naturales del pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604.....	86



<b>Figura 15.</b> Parámetro Temperatura °C, de aguas naturales de pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604.....	87
<b>Figura 16.</b> Parámetro físico químico del Oxígeno disuelto ( mg · L – 1), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604. ....	88
<b>Figura 17.</b> Parámetro químico de Fosfatos PO4 – 3( mg · L – 1), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604. ....	89
<b>Figura 18.</b> Parámetro químico de Nitratos NO3 – 1( mg · L – 1), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604. ....	90
<b>Figura 19.</b> Parámetro de la demanda biológica de oxígeno DBO ( mg · L – 1), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604. ....	91
<b>Figura 20.</b> Parámetro de Sólidos totales disueltos (mg · L – 1), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604. ....	92
<b>Figura 21.</b> Parámetro de Turbidez NTU, en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604. ....	93
<b>Figura 22.</b> Parámetro Microbiológico de Coliformes fecales (NMP/100mL), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604. ....	94
<b>Figura 23.</b> Evaluación del parámetro de pH (Potencial de Hidrógeno), de aguas naturales del pozo subterráneo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega.....	96
<b>Figura 24.</b> Parámetro Temperatura °C, de aguas naturales de pozo subterráneo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega. ....	97
<b>Figura 25.</b> Parámetro físico químico del Oxígeno disuelto ( mg · L – 1), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega. ....	98



<b>Figura 26.</b> Parámetro químico de Fosfatos $PO_4 - 3( mg \cdot L - 1)$ , en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega. .....	99
<b>Figura 27.</b> Parámetro químico de Nitratos $NO_3 - 1( mg \cdot L - 1)$ , en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega. .....	100
<b>Figura 28.</b> Parámetro de demanda biológica de oxígeno DBO ( $mg \cdot L - 1$ ), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega.....	101
<b>Figura 29.</b> Parámetro de Sólidos totales disueltos ( $mg \cdot L - 1$ ), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604. ....	102
<b>Figura 30.</b> Parámetro de Turbidez NTU, en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega.....	103
<b>Figura 31.</b> Parámetro Microbiológico de Coliformes fecales (NMP/100mL), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega.....	104
<b>Figura 32.</b> Valoración de la calidad de agua en función del pH.....	112
<b>Figura 33.</b> Valoración de la calidad de agua en función de la Temperatura. ....	112
<b>Figura 34.</b> Valoración de la calidad de agua en función del % de Saturación del Oxígeno..	113
<b>Figura 35.</b> Valoración de la calidad de agua en función del Fosforo .....	113
<b>Figura 36.</b> Valoración de la calidad de agua en función de Nitratos.....	114
<b>Figura 37.</b> Valoración de la calidad de agua en función de la DBO .....	114
<b>Figura 38.</b> Valoración de la calidad de agua en función de los STD .....	115
<b>Figura 39.</b> Valoración de la calidad de agua en función de la Turbidez .....	115
<b>Figura 40.</b> Valoración de la calidad de agua en función de Coliformes Fecales.....	116



## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Informes de laboratorio de análisis de aguas de los centros educativos.....	132
<b>Anexo 2.</b> Fotografías de las tomas de muestras .....	148



## ACRÓNIMOS

MINAM:	Ministerio del Ambiente
DIGESA	Dirección General de Salud
ECA:	Estándares de Calidad Del Agua
ICA:	Índice de Calidad Del Agua
LMP:	Límite Máximo Permissible
APHA:	American Public Health Association
AWWA:	American Water Works Association
OD:	Oxígeno Disuelto
SDT:	Sólidos Totales Disueltos
IEP:	Institución Educativa Primaria
IES:	Institución Educativa Secundaria
IEI:	Institución Educativa Inicial
INEI:	Instituto Nacional de Estadística e Informática
NSF	Fundación de Sanidad Nacional



## RESUMEN

En la urbanización Néstor Cáceres Velásquez, ubicada al sur de la ciudad de Juliaca, provincia San Román, región Puno, la población de las instituciones educativas, carecen de servicio de agua potable, realidad que conduce al consumo de agua de subsuelo de pozos artesanales de calidad dudosa y contaminadas, por infiltraciones de aguas residuales domésticas e industriales, lo que se manifiesta en enfermedades incluyendo las gastrointestinales. El objetivo es evaluar el nivel de calidad de agua para consumo humano mediante el índice de calidad de agua (ICA) de pozos subterráneos, que abastecen a tres centros educativos de la urbanización Néstor Cáceres Velásquez de la ciudad de Juliaca. La metodología comprende el muestreo de aguas por método compuesto 6x4 seis muestras cada cuatro horas del pozo respectivo, con preservante para cada parámetro físico-químico y microbiológico del agua las muestras se analizaron siguiendo los métodos estándar APHA. AWWA. (2002); las mediciones in situ fueron de los parámetros, pH, T°C, conductividad eléctrica, OD y STD; en laboratorio la DBO<sub>5</sub>, fosfatos, nitratos, turbidez y coliforme fecales. La determinación del (ICA) se realizó en base a los LMP de los Estándares de Calidad Ambiental del agua, D.S. 004-2017-MINAM y de los Estándares de Calidad de agua (ECAs) D.S. 031-2010-SA. y por el protocolo de la ICA-NSF-USA. Los resultados de los análisis físico químicos y bacteriológicos muestran que las aguas de los pozos de M1 con valor ICA de 57,42 unidades, M2 con valor ICA de 56,34 unidades y M3 con valor ICA de 54,90 unidades, son calificados como Aguas de Categoría de Calidad Media con valor comprendido entre 51-70 unidades según la escala de clasificación del ICA-NSF, que requieren tratamiento de los parámetros de OD, nitratos y fosfatos, para ser aptos para consumo humano.

### **Palabras clave**

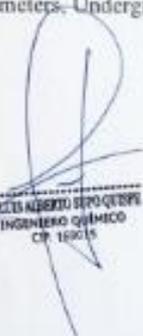
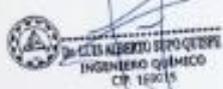
Aguas naturales, Contaminación, Índice de calidad del agua, Parámetros del agua, Pozos subterráneos.

## ABSTRACT

### ABSTRACT

In Néstor Cáceres Velásquez urbanization, located in Juliaca city south, San Román province, Puno region, the population of educational institutions lack drinking water service, a reality that leads to subsoil water consumption from artisanal wells, dubious quality and contaminated, due to infiltration of domestic and industrial wastewater, which manifests itself in diseases including gastrointestinal diseases. The objective is to evaluate the water quality level for human consumption through the water quality index (AQI) of underground wells, which supply three educational centers in the Néstor Cáceres Velásquez urbanization in Juliaca city. The methodology includes water sampling by the 6x4 composite method, six samples every four hours from the respective well, with preservative for each physical-chemical and microbiological parameter of water. The samples were analyzed following the APHA standard methods. AWWA. (2002); The in situ measurements were of the parameters, pH, T°C, electrical conductivity, OD and STD; in the laboratory BOD5, phosphates, nitrates, turbidity and fecal coliform. The determination of (ICA) was carried out based on the LMP of the Environmental Quality Standards for water, D.S. 004-2017-MINAM and the Water Quality Standards (ECAs) D.S. 031-2010-SA. and by the ICA-NSF-USA protocol. The physical, chemical and bacteriological analyzes results show that the waters from the wells of M1 with an ICA value of 57.42 units, M2 with an ICA value of 56.34 units and M3 with an ICA value of 54.90 units, are classified as Waters of Medium Quality Category with a value between 51-70 units according to ICA-NSF classification scale, which require treatment of DO, nitrates and phosphates parameters, to be suitable for human consumption.

**Keywords:** Natural waters, Pollution, Water quality index, Water parameters, Underground wells.

  
  
ING. ALBERTO ESPINOZA  
INGENIERO QUÍMICO  
C.P. 180215



## INTRODUCCIÓN

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; en las últimas décadas la preocupación de la sociedad es la disponibilidad y calidad del agua, existen otros factores que disminuyen la oferta de este recurso agua, así tenemos el crecimiento de la poblacional que necesita alto consumo de agua y que a su vez genera diferentes fuentes contaminantes, alterando su calidad. Las aguas subterráneas como los pozos y ojos de agua y las aguas superficiales como los ríos y lagos, tienen diferentes niveles de contaminación, las primeras son más restringidas de contaminar a comparación de las aguas superficiales, pero cuando esta contaminación ocurre, su tratamiento es aún más difícil para tener agua de calidad. El peligro más común con relación a la contaminación de las aguas subterráneas para consumo humano, es debido al flujo de aguas residuales generalmente urbanas, a excretas de hombres y animales, por factores fisicoquímicos y ambientales antropogénicos (Calsin 2016).

El Perú es uno de los países, que tiene carencia de servicio de agua potable, a pesar de contar con gran número de fuentes de agua conformado por ríos, quebradas, lagos, lagunas y corriente de aguas subterráneas, con insuficiencia de agua disponible para el consumo humano; razón por la cual, tanto en las zonas urbanas como rurales, las familias se ven en la necesidad de construir pozos, que muchas veces no cuentan con los criterios técnicos sanitarios adecuados, (Brooks et al, 2003). Es el caso que se tiene en la ciudad de Juliaca de la provincia San Román, región Puno, específicamente la Urbanización Néstor Cáceres Velásquez, ubicada al sur de la ciudad, la mayoría de las familias e instituciones educativas carecen de servicio de agua potable y esta realidad de gestión, hace que se consuma agua de subsuelo de pozos artesanales que por su naturaleza, sus flujos de aguas son de calidad dudosa y contaminadas (Curo 2017); estas causas desconocidas conducen a que posiblemente la contaminación sea por infiltraciones y



percolación de aguas residuales domésticas e industriales de la ciudad de Juliaca que afectan a la calidad de las aguas de pozos subterráneos, así tenemos las zonas de los centros educativos de la Urbanización “Néstor Cáceres Velásquez”, que consumen aguas de pozos subterráneos que por sus características posiblemente proporcionan aguas dudosas en calidad para consumo humano, realidad que se refleja en contención para un gran número de enfermedades incluyendo las gastrointestinales como la amebiasis, disentería bacilar (Shigelosis), el cólera y las enfermedades diarreicas como la producida por la bacteria *Escherichia coli*; debido al proceso de infiltración y percolación de ciertos componentes químicos naturales y artificiales, que contribuyen a contaminar severamente las fuentes de agua de los pozos subterráneos que de ella se abastecen, poniendo en riesgo la salud de los estudiantes de los centros educativos de esta urbanización.

El presente trabajo busca contribuir al conocimiento sobre el estado de calidad de agua de las fuentes subterráneas que es necesario para su gestión de tratamiento, para el que se requiere conocer el nivel de calidad de agua a que si cumplen con los Estándares Nacionales de los límites máximo permisibles (LMP) de la Calidad Ambiental del agua D.S. 004-2017-MINAM y los Estándares de Calidad de agua (ECAs), D.S. 031-2010-SA., que mediante la evaluación del Índice de Calidad del Agua (ICA) se conozca la calidad y las características de estas aguas subterráneas de pozos, para consumo humano.

### **1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL**

¿En qué medida la evaluación por el Índice de Calidad del Agua (ICA), explica el nivel de la calidad del agua natural de pozos subterráneos para consumo humano que son abastecidos en tres centros educativos de la urbanización Néstor Cáceres Velásquez de la ciudad de Juliaca?



## 1.2. FORMULACIÓN DE PROBLEMAS ESPECÍFICOS

Dentro de los problemas específicos de estudio, se plantearon las siguientes interrogantes específicas:

- ¿La caracterización de parámetros físico, químicos y microbiológicos del agua, determina la calidad del agua natural de los pozos subterráneos que abastecen a tres centros educativos de la urbanización Néstor Cáceres Velásquez de la ciudad de Juliaca?
- ¿Cuál será el nivel del índice de calidad del agua (ICA) según los estándares nacionales de límites máximo permisibles (LMP) de la Calidad Ambiental del agua D.S. 004-2017-MINAM y de los Estándares de Calidad de agua (ECAs), D.S. 031-2010-SA, que se evaluó por el protocolo de la ICA-NSF-USA, para pozos subterráneos que abastecen a tres centros educativos de la urbanización Néstor Cáceres Velásquez de la ciudad de Juliaca?

## 1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.3.1. Hipótesis general

La evaluación del índice de calidad del agua (ICA), indica el nivel de calidad del agua natural de pozos subterráneos para consumo humano, que abastecen a tres centros educativos de la urbanización Néstor Cáceres Velásquez de la ciudad de Juliaca.

### 1.3.2. Hipótesis específicos

- La caracterización de parámetros físico, químicos y microbiológicos del agua natural de pozos subterráneos indican el nivel de la calidad del agua, consumidos en tres centros educativos de la urbanización Néstor Cáceres Velásquez de la ciudad de Juliaca.
- El índice de calidad del agua (ICA) evaluados mediante estándares nacionales de los límites máximo permisibles (LMP) de la Calidad Ambiental del agua, D.S. 004-2017-MINAM y de los Estándares de Calidad de agua (ECAs), D.S. 031-2010-SA.,



evaluados por el protocolo de la ICA-NSF-USA, en aguas de pozos subterráneos, indican el nivel de la calidad de agua para consumo humano en tres centros educativos de la urbanización Néstor Cáceres Velásquez de la ciudad de Juliaca.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

La calidad de agua para consumo humano tiene implicancias importantes, en el aspecto social y económico que están relacionados directamente sobre el desarrollo de un país; el consumo de aguas procedente de pozos subterráneos juega un papel importante en el desarrollo de la humanidad, debido a que en el transcurso del tiempo es el sostén del crecimiento poblacional y de las actividades económicas del hombre. Este recurso acuífero de pozos subterráneos, es de características muy particulares a diferencia de las aguas continentales de ríos, lagos y lagunas, ya que las fuentes de agua subterráneas son consideradas como inagotables y generalmente exentas de contaminación natural, y admitir la tendencia a tener mayor cuidado en su manejo y protección.

La ciudad de Juliaca, como otras ciudades de la región Puno, posee fuentes de agua subterránea que son aprovechados por la población, debido a que no se tiene abastecimiento oportuno con servicio de agua potable y frente al crecimiento poblacional existe una mayor demanda del recurso agua del subsuelo. Los problemas ecológicos de la ciudad de Juliaca se incrementan debido a que la poblacional conlleva al uso de este recurso hídrico subterráneo, que paralelamente en esta se incrementa la contaminación por infiltración y percolación de desechos y aguas residuales urbanos e industriales producto de actividades antropogénicas, poniendo en riesgo la salud de las comunidades que de ella se abastecen; se debe indicar que estas aguas subterráneas indirectamente transportan de un gran número de enfermedades principalmente las gastrointestinales como la amebiasis, disentería bacilar (Shigelosis), el cólera y las enfermedades diarreicas como la producida por la bacteria *Escherichia coli*, Who, (2006).



El presente trabajo, busca dar a conocer la calidad del agua de pozos subterráneos que se consume en esta área urbana en el que se encuentran tres centros educativos de la Urbanización Néstor Cáceres Velásquez, ubicada al sur de la ciudad de Juliaca, así mismo se persigue contribuir al conocimiento sobre el estado de la calidad del agua subterránea en los pozos excavados en este sector urbano.

El estudio de la investigación, servirá como base y documento técnico para la toma de decisiones de las autoridades competentes, como la Autoridad Nacional del Agua, el Ministerio de Salud, entre otros; así mismo crear una conciencia ambiental en la conservación de ecosistemas acuáticos y a la vez permitir plantear decisiones técnicas correctivas, que permitan el aprovechamiento del agua en el ámbito de estudio.

### **Justificación ambiental**

La evaluación de las condiciones sanitarias del sistema de agua en este área urbana de la ciudad de Juliaca fueron comprendidas en tres Centros educativos en estudio, IEI 367 Satélite, IEP 70604 Néstor Cáceres Velásquez y IES Inca Garcilaso de la Vega, cuyas instalaciones de agua potable no son abastecidos con el volumen necesario y en el tiempo requerido por la población de los estudiantes, problema que conllevan al consumo y abastecimiento de agua de pozos subterráneos que no poseen el respectivo control sanitario de la calidad del agua y que a través de simples inspecciones sanitarias y de reportes de resultados de análisis esporádicos de la calidad del agua por la institución de salud y de la empresa prestadora de servicios de agua SEDA Juliaca, indican que no son aptas para el consumo humano, poniendo en alto riesgo a la población de estos centros educativos mencionados.



## **Justificación social**

La ciudad de Juliaca con una población de trescientos mil habitantes (INEI. 2012) cuenta con una cobertura de 59.16% para agua potable y 49.6.1% de pozo (SEDA-Juliaca 2016), lo que significa que existe déficit de dichos servicios.

Dentro de los derechos que tiene una población, el derecho al agua potable es una condición fundamental para garantizar la salud y una aceptable calidad de vida. Por ello, es preciso que desde temprana edad los niños deben tener acceso al agua segura y que también conocer la relación que existe entre el agua, la salud y el desarrollo de la humanidad. Los centros educativos, junto con el hogar, son los lugares de mayor importancia de aprendizaje de los niños. De allí la relevancia de crear buenos hábitos respecto al agua en el hogar y en la escuela.

Los estudiantes constituyen un grupo etéreo de riesgo, siendo los más vulnerables y susceptibles a contraer enfermedades, por lo que es necesario investigar y conocer las características de la calidad del agua que abastecen a los diferentes centros educativos y realizar en estas el estudio preventivo con propuestas que son producto del presente estudio del nivel del Índice de Calidad del Agua (ICA), ya que en los centros educativos mencionados, la población de estudiantes pasan un total de 5 a 6 horas cronológicas diarias, espacio y tiempo en la que el consumo de agua es una necesidad fisiológica, necesidad que debe brindarse al educando, agua con calidad para su consumo.

## **Justificación científica**

La evaluación de la calidad del agua es un proceso de enfoque múltiple que estudia la naturaleza física, química y biológica del agua respecto a su calidad natural y sus efectos relacionados con la salud de la población humana que consume.

El análisis de cualquier agua revela la presencia de gases, minerales, elementos orgánicos en solución y microorganismos patógenos. Los primeros tienen origen natural, los



segundos son procedentes de las actividades antropogénicas de producción y consumo urbano que originan una serie de desechos que son vertidos a las aguas para su eliminación, por lo tanto, las aguas subterráneas del área de estudio propuesto de esta Urbanización, es probable que sea portadora de bacterias, amebas, virus y helmintos que muchas veces causan epidemias y pandemias; problemas técnico ambientales que serán evaluadas mediante el estudio del Índice de la Calidad del Agua (ICA) para conocer la verdadera calidad del agua, contrastados con los Estándares de Normas Nacionales de la Calidad del Agua (ECA).

## **1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Objetivo general**

- Evaluar el nivel de la calidad del agua para consumo humano, mediante el índice de calidad del agua (ICA) de pozos subterráneos, que abastecen a tres centros educativos de la urbanización Néstor Cáceres Velásquez de la ciudad de Juliaca, Institución educativa de Educación Inicial I.E.I. N° 367 Satélite. Institución educativa de Educación Primaria I.E.P. N° 70604 Néstor Cáceres Velásquez e Institución educativa de Educación Secundaria I.E.S. Inca Garcilaso de la Vega.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar los parámetros físico químicos de, demanda bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ), saturación de oxígeno disuelto (% Saturación. O.D), pH, conductibilidad eléctrica (Ce), temperatura ( $T^{\circ}C$ ), fosfatos ( $PO_4^{-3}$ ), nitratos ( $NO_3^{-}$ ), solidos disueltos totales (SDT), turbidez (NTU) y parámetro microbiológico de coliformes fecales (CF), en aguas naturales de pozos subterráneos que abastece a tres centros educativos de la urbanización Néstor Cáceres Velásquez de la ciudad de Juliaca.
- Determinar el índice de calidad del agua (ICA) mediante el protocolo de la Fundación nacional de saneamiento (NSF) de los Estados Unidos de Norte América,



en aguas de pozos subterráneos, para cuantificar el nivel de la calidad de agua según estándares nacionales de los límites máximo permisibles (LMP) de los Estándares de la Calidad Ambiental del agua, D.S. 004-2017-MINAM y de los Estándares de Calidad de agua (ECAs), D.S. 031-2010-SA., que abastecen a tres centros educativos de la urbanización Néstor Cáceres Velásquez de la ciudad de Juliaca.



## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1. Aguas naturales Continentales

Las aguas naturales continentales conciernen a la integración de fuentes hídricas de ríos, lagos, aguas subterráneas, glaciares; que se localizan en los continentes que mediante su evaporación estas aguas han disgregado su salinidad, purificándose en el medio natural. Estas aguas también son conocidas como aguas dulces por su característica física consumido por el ser humano, estas aguas requieren mínimas condiciones de tratamiento físico-químico para su consumo como agua potable. (CSIC. 2008).

##### 2.1.2. Agua subterránea

Se define como agua subterránea al agua que se encuentra bajo la superficie del suelo, dentro de un ciclo hidrológico en circunstancias de saturación que proviene de infiltraciones de aguas superficiales que percolan verticalmente hasta alcanzar la napa subterránea integrado por el límite entre la zona saturada y la no saturada, denominada como capa freática. La percolación del agua que llevan a la saturación, en ciertas estructuras de naturaleza geológica concentran agua llamado acuíferos, en la que la zona superior es llamada capa freática o nivel freático, producto de la percolación del agua (Baptista, 2002).

##### 2.1.3. Acuífero

Un acuífero es toda formación geológica que alberga o que permite dar flujo de agua libremente por su medio de porosidad y por su comportamiento hidráulico se tienen los acuíferos de:



- Acuífero confinado, tiene su formación permeable comprendido entre dos estratos impermeables que confina al agua a presión.
- Acuífero libre, caracterizado de una superficie libre de agua o de nivel freático de nivel superior e impermeable en el límite inferior. El flujo de los acuíferos es por gravedad, de mayor o menor carga hidráulica.

#### **2.1.4. Pozos subterráneos**

Los pozos subterráneos generalmente son excavaciones o perforaciones que se realiza en el suelo, que pueden ser excavados manualmente generalmente de poca profundidad conocidos como pozos artesanales, o en su defecto pozos perforados mecánicamente; el objetivo de tener un pozo es para la extracción de agua del nivel freático (Brooks, 2003).

#### **2.1.5. Índice de calidad del agua (ICA).**

El índice de calidad del agua ICA, es un instrumento técnico simple y multidimensional para la evaluación de recursos hídricos localizados; base para la toma de decisiones para actividades de producción, de decisiones políticas públicas y para el seguimiento de impactos causados por el recurso hídrico, cuyos índices son evaluados mediante un análisis cualitativo - cuantitativo de diversos parámetros representativos y específicos de las condiciones y características del agua sectorizada entre su estado natural anterior y actual. Los ICAs, muestran la diferenciación espacial y temporal de la calidad del agua y su fácil interpretación para mejorar la calidad del agua con fines de gestión, los que pueden variar por sus condiciones ambientales de una cuenca de una región a otra. (Sacha & Espinoza, 2001; Nasiri et al., 2007). Se tienen instituciones numerosas de ICAs, en diferentes países del mundo, como el ICA de National Sanitation Foundation en los Estados Unidos de Norte América, ICA de León de México, el CCME



(Canadian Council of Ministers), Índice de Calidad General de España, el Índice Holandés de Calidad del Agua, entre otras (Patiño et al., 2004).

#### **2.1.6. Agua para consumo humano.**

Las aguas para consumo humano en general proceden de aguas de origen continental, que se derivan de dos fuentes, teniendo las aguas superficiales, son las que discurren sobre la superficie de la tierra que generalmente se originan por la precipitación pluvial teniéndose el flujo de ríos lagos y de reservorios en general; así mismo se tienen las aguas de origen subterráneas donde las aguas se encuentran situadas bajo el nivel freático que por diferencia de presión geológica fluyen en forma natural a la superficie y de estas tenemos los manantiales y los pozos subterráneos artesanales (Miranda, 2012).

#### **2.1.7. Contaminación del agua.**

Un cambio significativo de los valores establecidos en las Normas Nacionales de un país, respecto a la calidad del agua, indicado en la concentración de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua, es duda de algún grado de contaminación (Torres et al., 2009).

#### **2.1.8. Parámetros físicos de la calidad del agua.**

Los parámetros físicos de la calidad del agua, admiten determinar el estado y tipo de la calidad del agua, dentro de estos parámetros importantes tenemos:

- **Potencial de hidrógeno (pH).** En medio acuoso el pH es una medida del contenido de ion hidrogeno. Las aguas que tienen un valor de pH superior a siete son alcalinas, y si es inferior son acidas. Las aguas que no están afectadas por la contaminación presentan valores de pH de 6,5 y 8,5; pH caracterizado por la solubilidad del CO<sub>2</sub> del medio ambiente y por los emanados por los organismos acuáticos que



liberan dióxido de carbono durante la fotosíntesis y respiración.

- **Temperatura (T).** La temperatura es la cuantificación del nivel del del grado de calor de un cuerpo, se expresa generalmente en unidades de grado centígrado ( $^{\circ}\text{C}$ ) y se evalúa mediante un termómetro.
- **Color del Agua.** Para describir el color del agua, se tiene el fundamento de que existen dos tipos de color: Primero, Color verdadero, el que se debe a las sustancias disueltas después de eliminar la turbiedad, así tenemos a la presencia de materiales orgánicas coloreadas o de minerales como el hierro. Segundo el color aparente que es el resultado de las sustancias disueltas, así tenemos las materias en suspensión. El color se mide en unidades de platino - cobalto (U-Pt-Co). Los colores verdaderos y aparentes son muy idénticos en un agua clara y débil en aguas turbias (APHA – AWWA, & WPCF, 2002).
- **Turbiedad.** La turbiedad en el agua, es la medida de la cantidad de materia en suspensión y coloidal, que interfiere el paso de un haz de luz a través de la masa del agua. Se expresa en unidades nefelométricas de turbiedad (NTU) y se mide mediante un turbidímetro, La turbiedad es procedente de la solubilidad de la materia orgánica e inorgánica (Miranda, 2012).
- **Conductividad eléctrica (Ce).** Es el parámetro que mide la conductividad eléctrica de los iones en una disolución. Se emite en unidades de micro Siemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), el que se mide con un conductímetro. Se tiene mayor conductividad de la electricidad mientras tenga más minerales disueltos (APHA – AWWA, & WPCF, 2002).
- **Sólidos disueltos totales (SDT).** El parámetro de los SDT, es la cuantificación de la cantidad de sólidos después de evaporar la fase acuosa a una temperatura de  $105^{\circ}\text{C}$ , su evaluación es por gravimetría. En el agua natural los SDT se encuentra integrado



por material orgánico e inorgánico; conformados por sustancias carbonáceas, nitrogenadas, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, nitratos, sodio, potasio, calcio y magnesio. Estas sustancias influyen sobre las características del agua, tales como el sabor, dureza, alcalinidad y disposición a la incrustación y corrosión (Miranda, 2012).

#### **2.1.9. Parámetros Químicos de la calidad del agua.**

- **Oxígeno disuelto (OD).** El OD en el agua, es el oxígeno procedente de la atmosfera y juega un papel importante en la oxidación-reducción en las soluciones acuosas, en la respiración microbiana, pues muchos de los organismos dependen del oxígeno disuelto en el agua para mantener los procesos metabólicos. La determinación analítica es por el método yodo métrico de Winkler. Su evaluación se determina en porcentaje de saturación del oxígeno disuelto a una determinada temperatura del agua y altura sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) del sitio de muestreo. La solubilidad del oxígeno depende de la presión atmosférica a una determinada temperatura. Se tiene la correspondencia, de que a menor temperatura mayor solubilidad del agua hasta su límite de saturación, por debajo de  $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ . Los valores promedio de saturación de la solubilidad del oxígeno en el agua se encuentran en tablas. El agua a concentraciones menores a  $2,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  de oxígeno disuelto, estas aguas se encuentran en zonas anaerobias con tendencia de no existir vida acuática y con presencia de malos olores. El parámetro del OD, es un indicador de la capacidad de mantener la vida acuática en un cuerpo de agua (Miranda, 2012).

- **Porcentaje de Saturación del Oxígeno Disuelto en el Agua.**

El porcentaje de saturación del oxígeno disuelto en el Agua es función de su temperatura. El porcentaje de saturación del oxígeno disuelto en el Agua se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Valores del porcentaje de saturación del oxígeno disuelto en el Agua (Cs. OD) a diferentes temperaturas.*

Temperatura (°C)	OD (mg · L <sup>-1</sup> )	Temperatura (°C)	OD (mg · L <sup>-1</sup> )
0	14,6	16	9,9
1	14,2	17	9,7
2	13,8	18	9,6
3	13,5	19	9,3
4	13,1	20	9,1
5	12,8	21	8,9
6	12,5	22	8,7
7	12,1	23	8,6
8	11,8	24	8,4
9	11,6	25	8,3
10	11,3	26	8,1
11	11,0	27	8,0
12	10,8	28	7,8
13	10,5	29	7,7
14	10,3	30	7,6
15	10,1	31	7,5

Fuente: Miranda. (2012).

- **Demanda bio química de oxígeno DBO<sub>5</sub>.** La DBO<sub>5</sub>, es la cantidad de oxígeno necesario para degradar la materia orgánica por las bacterias durante cinco días a la temperatura de 20 °C. Se evalúa como la diferencia del oxígeno disuelto inicial, antes de la incubación y el remanente después de los cinco días de incubación a 20 °C. Su evaluación se realiza por el método analítico yodo-métrico de Winkler. La DBO<sub>5</sub> es utilizado para determinar el nivel de la contaminación de las aguas, en términos de la cantidad de oxígeno disponible en descargas de efluentes a fuentes de cuerpos naturales de agua, en condiciones aeróbicas (APHA – AWWA, & WPCF, 2002). Los valores de la DBO<sub>5</sub>, inferiores a lo establecido por los límites máximo permisibles (LMP), D.S.



004-2017-MINAM, y del Estándar de calidad de agua (ECAs) D.S. 031-2010-SA., son considerados aguas limpias con escasa concentración de materia orgánica degradable y por lo tanto demandan consumo de oxígeno disuelto (OD) en el agua en mínimas cantidades (Miranda, 2012).

- **Nitratos en el agua. ( $\text{NO}_3^{-1}$ ).** Los nitratos son sales solubles presentes en cuerpos de aguas, generalmente derivadas del nitrógeno atmosférico y de residuos antropogénicos, derivados del empleo de fertilizantes nitrogenados, excretas de animales, descargas de aguas residuales urbanos e industriales. La concentración de nitratos habitualmente es baja, en aguas naturales superficiales, como los ríos y lagos, a excepción de que exista un nivel importante de contaminación en dicho medio; en los acuíferos profundos también suele ser baja, aunque superior a la que encontramos en aguas superficiales debido a la contaminación por infiltración de aguas residuales en acuíferos del suelo, donde se producen reacciones químicas de oxidación hasta tener compuestos en el estado de nitratos (Miranda, 2012; Pérez, 2017).

- **Problemas de nitrógeno como contaminante del agua.** La transformación del  $\text{NH}_4^+$  en condiciones aerobias genera como productos intermediarios  $\text{NO}_2^-$  y el  $\text{NO}_3^-$ , los cuales son promotores de otro problema ya que el  $\text{NO}_2^-$  puede causar la metahemoglobinemia (enfermedad del niño azul), especialmente en niños menores de seis meses; otro efecto que ocasionan las diferentes formas de los compuestos del nitrógeno presentes en las aguas residuales es la eutrofización (Lee et al., 2006).

- **Fosfatos.**

En las aguas naturales y residuales, el fósforo es otro nutriente para el crecimiento de algas y bacterias, en el agua se encuentran en forma en ortofosfatos ( $\text{PO}_4^{-3}$ ,  $\text{HPO}_4^{-2}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) fosfatos condensados (piro, meta y otros polifosfatos) y fosfatos enlazados orgánicamente. Los ortofosfatos son la forma más perjudicial por producir

eutroficación y estos generalmente provienen de aguas residuales urbanas, de productos de herbicidas, de fertilizantes utilizados en la agricultura y diversas fuentes antropogénicas. Los fosfatos se añaden a los detergentes para contrarrestar la dureza del agua y maximizar la eficacia de la limpieza, así mismo cuando llegan a los lagos y ríos contribuyen a la proliferación de algas y al deterioro de la vida acuática al privarles de oxígeno en el agua (Miranda, 2012).

#### **2.1.10. Parámetros bacteriológicos de la calidad del agua**

El agua destinada para consumo humano por seguridad sanitaria debe estar libre de patógenos, debido a que las enfermedades transmitidas a través del agua tienen su inicio en la ingestión de agua contaminada por microorganismos de origen fecal que provienen del tracto gastrointestinal del hombre y de otros animales de sangre caliente. Los indicadores para la evaluación de la calidad bacteriológica del agua son los coliformes fecales y la bacteria *Escherichia coli*, ambos provenientes de las heces de origen humano y animal (Eaton et al., 2005).

- **Coliformes fecales (CF).**

Los coliformes fecales son un subgrupo de bacterias entéricas, que fermentan la lactosa a altas temperaturas de incubación (44,5 °C), por lo que también se les conocen como coliformes termotolerantes. Este grupo consiste principalmente de bacterias como *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Citrobacter freundii* y *Enterobacter sp.* (Eaton et al., 2005).

- **Coliformes termotolerantes.**

Las bacterias coliformes fecales forman parte del total del grupo coliforme. Son definidas como bacilos gram – negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a 44,5 °C +/- 0,2 °C dentro de las 24 +/- 2 horas. La mayor especie en el grupo de coliforme fecal es el *Escherichia coli* (Eaton et al., 2005).



### **2.1.11. Parámetros de Campo.**

La para la evaluación de los parámetros de campo se consideran los valores de medidas físicas químicas, realizadas en un punto de la toma de muestra. Los parámetros recomendados según DIGESA Perú, son los parámetros de: temperatura, conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto, cloro residual y turbiedad (DIGESA, 2015).

### **2.1.12. Protocolo de procedimientos para la toma de muestras.**

El protocolo de procedimientos para la toma de muestras, que considera la preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de las muestras de agua para consumo humano, que son enviadas a los laboratorios, estas deben cumplir con la directiva del D.S. N° 160-2015 DIGESA SA., con la finalidad de contar con un procedimiento confiable y seguro, que contribuya a obtener una correcta toma de muestra, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y la recepción de las muestras por parte de laboratorio, para ser analizadas en los parámetros señalados en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, aprobado por Decreto Supremo N° 031 – 2010 – SA.

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1. Identificación del Índice de la calidad de agua (ICA).**

La identificación de la calidad del agua es evaluada por medio del índice de calidad de agua (ICA) que viene a ser un instrumento que permite identificar la calidad de un cuerpo de agua superficial o subterráneo en un tiempo determinado, para lo cual se manejan datos de parámetros físicos, químicos y biológicos del agua, expresado en una ecuación cuantitativa, mediante la cual se evalúa el estado de un cuerpo de agua. Se puede realizar un análisis general de la calidad del agua por medio del ICA, y determinar la vulnerabilidad del cuerpo de agua frente a amenazas potenciales (Soni & Thomas, 2014). Existen diferentes metodologías para evaluar la calidad de agua; la diferencia

radica en la forma de evaluar los parámetros que se requieren en la formulación del índice de calidad del agua respectivo.

### 2.2.2. Delineación de los índices del ICA.

Los índices de la calidad de agua (ICA), es la evaluación de un determinado número de parámetros del agua que son necesarios para calificar la calidad del recurso hídrico destinado para un de terminado empleo. La evaluación de los índices ICA se fundamentan en tres secuencias consecutivos:

**Secuencia 1. Selección de parámetros o variables:** Los parámetros se pueden considerar, en función de la información existente, de la localización y su importancia como estándar de calidad del agua, según normas nacionales establecidas.

La metodología Delphi, descrito por Dunnette, (1979), es la más utilizada en la selección de índices de calidad de agua (ICA), teniendo en cuenta el tipo de uso de la fuente, así tenemos agua para consumo humano, recreación, riego, industria, la metodología propone la selección de variables o parámetros de acuerdo a cuatro categorías tal como se muestra en la Tabla 2:

**Tabla 2**

*Selección de parámetros o variables de índices de calidad de agua (ICA)*

Categorías de calidad de agua	Variables o parámetros de calidad de agua
Nivel de oxígeno	OD, DBO, DQO.
Eutrofización	$\text{NO}_2^{-1}$ , $\text{NO}_3^{-1}$ Ortofosfatos: $\text{PO}_4^{-3}$ , $\text{HPO}_4^{-2}$ , $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$
Aspectos de salud	Coliformes totales y fecales
Características físicas	Temperatura, transparencia, solidos totales

Fuente: Dunnette, (1979).

**Secuencia 2. Valoración del subíndice para cada parámetro del agua:** La valoración es la determinación del subíndice para cada parámetro del agua, para el



cual se utilizan varios métodos, dentro de las usuales tenemos:

- Método del valor nominal o numérico: viene a ser la comparación del valor del parámetro del agua con un estándar.
- Método de la asignación decimal, de diagramas o tablas de calibración: Consiste en desarrollar para cada parámetro su propio diagrama, con una correlación entre el parámetro y su valor en escala de calidad, comprendido entre 0 a 100 o valores entre 0 a 1. Las curvas construidas tienen base en cuatro métodos: Método basado en la experiencia propia del investigador. Método Delphi, que se basa su construcción en el promedio de la opinión de varios expertos. Método del desarrollo de curvas con base en ecuaciones matemáticas, método que se inicia en la determinación de una fórmula matemática con la que se desarrolla la curva definida para cada parámetro del agua, o a partir de curvas desarrolladas se determina su fórmula matemática respectiva. Método de curvas basadas en la normatividad, que consiste en originar curvas a partir de valores evaluados para un parámetro en diferentes normatividades. Método de formulación matemática para cada parámetro, se enmarca en convertir los valores de un parámetro a varias escalas, en la que los valores del parámetro conservan sus unidades originales (Ball & Church, 1980).

**Secuencia 3. Evaluación del índice de ICA, por agregación de subíndices.** Una vez que se tiene seleccionados los parámetros del agua, se debe uniformizar la información final con la integración de los subíndices, para determinar el índice de calidad de agua, las que se pueden expresar por medio de fórmulas matemáticas que generalmente corresponden a una función promedio.

Existen dos perspectivas para evaluar un ICA:

- a. Método de la determinación de puntajes mediante ponderado de acuerdo a los pesos considerados para los subíndices, que es multiplicado por el índice respectivo.

b. Método de la suma ponderada, para este procedimiento el puntaje de cada parámetro es multiplicado por un peso cuantitativo asumido y finalmente sumar los productos para obtener el índice ICA. Si la suma de los pesos es diferente, entonces se conoce como un valor aritmético del ICA (Ball & Church,1980), y en definitiva el valor obtenido por la suma de la agregación de las variables, esta debe ser interpretado mediante una escala de calidad, que generalmente esta expresada en una escala de 0 a 100, definiendo categorías o clasificación de calidad del agua (ICA), las que pueden ser asignados por medio de colores.

### 2.2.3. Valoración del índice de calidad del agua (ICA).

Para la valoración del ICA, se tiene las evaluaciones con un valor máximo determinado de 100 que va decreciendo desde condiciones óptimas con el aumento del nivel de contaminación del agua en estudio. El cálculo del índice de calidad de agua en forma general se clasifica en base a la siguiente Tabla 3, propuesto por Brown:

**Tabla 3**

*Clasificación del índice de calidad de agua (ICA) propuesto por Brown*

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. NSF (2006).

- **Interpretación de la clasificación del índice de calidad de agua (ICA) propuesto por Brown.**
  - La clasificación del índice de calidad de agua (ICA) con puntajes mayor que 90, son adecuados de poseer alta diversidad de vida acuática, donde el agua es beneficioso



para la relación directa con ella.

- La clasificación del índice de calidad de agua (ICA) con calidad de agua Regular, albergan en menor diversidad a organismos acuáticos, con característica frecuente de crecimiento de algas.
- La clasificación del índice de calidad de agua (ICA) con calidad de agua Mala, logran solamente apoyar una diversidad baja de vida acuática, debido posiblemente a presencia de contaminación orgánica del agua, consideradas no aptas para consumo humano.
- Las aguas catalogadas con calidad de agua Pésima, pueden únicamente apoyar a un número limitado de formas acuáticas de vida, normalmente estas aguas de esta categoría son consideradas como aguas no aceptables para actividades de relación directa con el hombre, podemos citar el requerimiento de aguas para recreación.
- **Determinación de valores del ICA, en un punto determinado.**

Para determinar los valores del ICA, en un punto de evaluación determinado, es preciso que se deben evaluar nueve parámetros físico químicos y microbiológicos, para determinar el índice de calidad de agua, que están comprendidos por los parámetros de:

- pH.
- Temperatura.
- Oxígeno disuelto (OD)
- DBO<sub>5</sub>
- Nitratos ( $\text{NO}_3^{-1}$ )
- Fosfatos ( $\text{PO}_4^{-3}$ )
- Turbidez (NTU)
- Sólidos totales disueltos (STD)
- Coliformes fecales



- **Evaluación Cuantitativa del ICA**

La evaluación cuantitativa del ICA del modelo propuesto por Brown, son técnicas multiplicativas y ponderadas con asignación de pesos específicos propuestos por Brown.

Para calcular el índice de Brown, se puede evaluar mediante una suma lineal ponderada de los subíndices (ICA<sub>a</sub>) o una función ponderada multiplicativa (ICA<sub>m</sub>).

Estas evaluaciones se expresan matemáticamente con las fórmulas de:

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (\text{Sub}_i \times W_i) \quad (1)$$

$$ICA_m = \prod_{i=1}^9 (\text{Sub}_i^{W_i}) \quad (2)$$

Donde:

Sub<sub>i</sub>: Sub índice del parámetro i, del agua.

W<sub>i</sub>: Pesos relativos asignados a cada parámetro (Sub<sub>i</sub>); ponderados entre 0 y 1 (debe cumplir que la sumatoria sea igual a uno).

En la interpretación de los resultados del ICA, muchos investigadores concluyen que los cálculos del ICA mediante métodos multiplicativas son superiores a las aritméticas, debido a que estas son de mayor precisión y mucho más sensibles a la variación de calidad de los parámetros del agua en evaluación (Servicio Nacional de Estudios territoriales. El Salvador, 2002).

En el presente estudio para determinar el ICA, se emplea el método multiplicativo mediante la ecuación (2), para lo cual se obtendrán resultados del (Sub<sub>i</sub>) para cada parámetro del agua de su respectiva gráfica, valor que será evaluado con la potencia W<sub>i</sub>, cuyos valores de ponderación son considerados en la Tabla 4, y finalmente para obtener el ICA se multiplican los nueve resultados obtenidos.

**Tabla 4**

*Pesos relativos de ponderación  $W_i$  para cada parámetro del ICA*

<b>i</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b><math>W_i</math></b>
1	pH	0,12
2	Temperatura.	0,10
3	Oxígeno disuelto (OD)	0,17
4	DBO <sub>5</sub>	0,10
5	Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )	0,10
6	Fosfatos	0,10
7	Turbidez (NTU)	0,08
8	Sólidos totales disueltos (STD)	0,08
9	Coliformes fecales	0,15

Fuente. NSF (2006).

En la Tabla 5, se muestra la revisión resumida de la evaluación de diferentes índices ICA, para diferentes parámetros o variables físico químicos y microbiológicos, evaluados en diferentes países con diferentes métodos de agregación para determinar el índice ICA (Fernández & Solano, 2005).

**Tabla 5**

*Evaluaciones de índices de calidad de agua (ICA) para diferentes variables.*

<b>ICA</b>	<b>Variables incluidas</b>	<b>Tipo de estimación</b>
<b>Estados Unidos</b>		
NSF	Temperatura, pH, OD, DBO, SDT, turbiedad, coliformes fecales, $\text{NO}_3^-$ -N y fosfatos total	Curvas – Promedio ponderado
Dinius (1987)	Temperatura (aire-superficie), pH, OD, DBO, color, conductividad, $\text{NO}_3^-$ -N, alcalinidad, dureza, cloruros, coliformes totales y fecales.	Ecuación – Media Geométrica ponderada.
Agua de Oregón OWQI	Temperatura, pH, OD, DBO <sub>5</sub> , ST, $\text{NO}_2^-$ -N, $\text{NO}_3^-$ -N, $\text{NH}_4^-$ -N,	Ecuaciones – Cuadrado de la media armónica.



	fosfatos totales y coliformes fecales.	
Idaho	OD, turbidez, fosfatos totales, coliformes fecales y conductividad	Ecuación – Proporción Logarítmica.
<b>Canadá</b>		
British Columbia	Se basa en consecución de objetivos los cuales son los límites seguros de las variables dadas por la normatividad.	Fórmulas-Raíz cuadrada de la sumatoria.
<b>México</b>		
León (1998)	Diferencia de Temperatura, pH, OD, DBO5, DQO, SST, NO3 - N, NH4 -N, fosfatos, alcalinidad, dureza, fenoles, cloruros, coliformes totales y fecales	Fórmulas – Promedio Geométrico ponderado.
Montoya (1997)	Conductividad, pH, OD, DBO5, ST, SST, NO2 -N, NO3 -N, NH4 -N, Turbiedad, color, alcalinidad, dureza, cloruros, grasas y aceites, fosfatos, detergentes, coliformes totales y fecales	Ecuaciones –Promedio Ponderado.
<b>Brasil</b>		
CETESB (2002)	Temperatura, pH, OD, DBO5, ST, turbiedad, coliformes fecales, nitrógeno total y fósforo total	Curvas – Promedio Ponderado.
<b>Colombia</b>		
Behar et al. (1997)	OD, DBO5 y coliformes fecales	Curvas – Promedio ponderado.
Rojas (1991)	pH, OD, DBO5, ST, turbiedad y coliformes fecales	Curvas – Promedio ponderado.
<b>España</b>		

Calidad general ICG	Considera 23 parámetros, 9 Básicos (coliformes totales, OD, DQO, DBO5, conductividad, fosfatos totales, SST, NO3 -N, y pH) y 14 complementarios	Grafica – Promedio aritmético ponderado
---------------------	---	---

Fuente: Fernández & Solano, (2005).

### 2.2.1. Valoración del índice de calidad del agua (ICA).

Para la valoración del ICA, se tiene las evaluaciones con un valor máximo determinado de 100 que va decreciendo desde condiciones óptimas con el aumento del nivel de contaminación del agua en estudio. El cálculo del índice de calidad de agua en forma general se clasifica en base a la siguiente Tabla 6, propuesto por Brown:

**Tabla 6**

*Clasificación del índice de calidad de agua (ICA) propuesto por Brown*

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. NSF (2006).

- **Interpretación de la clasificación del índice de calidad de agua (ICA) propuesto por Brown.**

- La clasificación del índice de calidad de agua (ICA) con puntajes mayor que 90, son adecuados de poseer alta diversidad de vida acuática, donde el agua es beneficioso para la relación directa con ella.

- La clasificación del índice de calidad de agua (ICA) con calidad de agua Regular, albergan en menor diversidad a organismos acuáticos, con característica frecuente de

crecimiento de algas.

- La clasificación del índice de calidad de agua (ICA) con calidad de agua calificado como Mala calidad, logran solamente apoyar una diversidad baja de vida acuática, debido posiblemente a presencia de contaminación orgánica del agua, consideradas no aptas para consumo humano.
- Las aguas catalogadas con calidad de agua Pésima calidad, pueden únicamente apoyar a un número limitado de formas acuáticas de vida, normalmente estas aguas de esta categoría son consideradas como aguas no aceptables para actividades de relación directa con el hombre, podemos citar el requerimiento de aguas para recreación.

- **Determinación de valores del ICA, en un punto determinado.**

Para determinar los valores del ICA, en un punto de evaluación determinado, es preciso que se deben evaluar nueve parámetros físico químicos y microbiológicos, para determinar el índice de calidad de agua, que están comprendidos por los parámetros de:

- pH.
  - Temperatura.
  - Oxígeno disuelto (OD)
  - DBO<sub>5</sub>
  - Nitratos ( $\text{NO}_3^{-1}$ )
  - Fosfatos
  - Turbidez (NTU)
  - Sólidos totales disueltos (STD)
  - Coliformes fecales
- **Evaluación Cuantitativa del ICA propuesto por Brown**

La evaluación cuantitativa del ICA del modelo propuesto por Brown, son técnicas multiplicativas y ponderadas con asignación de pesos específicos propuestos por Brown.

Para calcular el índice de Brown, se puede evaluar mediante una suma lineal ponderada de los subíndices (ICA<sub>a</sub>) o una función ponderada multiplicativa (ICA<sub>m</sub>).

Estas evaluaciones se expresan matemáticamente con las fórmulas de:

$$ICAa = \sum_{i=1}^9 (\text{Sub}_i \times W_i) \quad (1)$$

$$ICAm = \prod_{i=1}^9 (\text{Sub}_i^{W_i}) \quad (2)$$

Donde:

$\text{Sub}_i$ : Sub índice del parámetro  $i$ , del agua.

$W_i$ : Pesos relativos asignados a cada parámetro ( $\text{Sub}_i$ ); ponderados entre 0 y 1 (se debe cumplir que la sumatoria sea igual a uno).

En la interpretación de los resultados del ICA, muchos investigadores concluyen que los cálculos del ICA mediante métodos multiplicativas son superiores a las aritméticas, debido a que estas son de mayor precisión y mucho más sensibles a la variación de calidad de los parámetros del agua en evaluación (Servicio Nacional de Estudios territoriales. El Salvador, 2002).

En el presente estudio para determinar el ICA, se emplea el método multiplicativo mediante la ecuación (2), para lo cual se obtendrán resultados del ( $\text{Sub}_i$ ) para cada parámetro del agua de su respectiva gráfica, valor que será evaluado con la potencia  $W_i$ , cuyos valores de ponderación son considerados en la Tabla 4, y finalmente para obtener el ICA se multiplican los nueve resultados obtenidos.

**Tabla 7**

*Pesos relativos de ponderación  $W_i$  para cada parámetro del ICA*

<b>i</b>	<b>Parámetros - <math>\text{Sub}_i</math></b>	<b><math>W_i</math></b>
1	pH	0,12
2	Temperatura.	0,10
3	Oxígeno disuelto (OD)	0,17
4	DBO <sub>5</sub>	0,10
5	Nitratos ( $\text{NO}_3^{1-}$ )	0,10
6	Fosfatos	0,10
7	Turbidez (NTU)	0,08
8	Sólidos totales disueltos (STD)	0,08

9	Coliformes fecales	0,15
---	--------------------	------

Fuente. NSF (2006).

- **Evaluación del Índice de calidad de agua (ICA) propuesto por ICA-NSF.**

La evaluación del ICA-NSF, o Índice de Calidad de Agua por la National Sanitation Foundation, aparece en los Estados Unidos en la década de los años de mil novecientos setenta y en la actualidad continua su empleo para supervisar y evaluar la calidad de aguas continentales en especial aguas de abastecimiento en muchos países del Mundo; su desarrollo se basó en la técnica de investigación Dephi, por expertos en tasación de parámetros de la calidad del agua; de esta evaluación se seleccionaron nueve variables de mayor importancia, que corresponde al: oxígeno disuelto OD, pH, DBO<sub>5</sub>, SDT, nitratos NO<sub>3</sub><sup>-1</sup>, fosfatos, temperatura, turbidez y coliformes fecales. Se asignaron a cada parámetro del agua, pesos relativos o de importancia (Wi) correspondientes a los factores de contaminación, de acuerdo al uso e importancia de los parámetros del agua, relacionados al riesgo que involucre al aumento o disminución de su concentración. Su calificación se establece en base a las gráficas de evaluación del ICA-NSF, o Índice de Calidad de Agua por la National Sanitation Foundation, dando valores en las ordenadas para los niveles de calidad de agua en un rango de 0 a 100 (Q) y en las abscisas se tienen los niveles de las variables o parámetros del agua; estas curvas son conocidas como relaciones funcionales o curvas de función, construidos para determinar los nuevos valores de ICA de los parámetros del agua (Ott, 1978). Para calcular el índice de calidad del agua agregado (ICA), se usa una suma lineal de agregación del producto ponderado (Q) por (Wi) (ecuación 3), teniendo en cuenta los pesos relativos de ponderación (Wi), asignados para cada variable o parámetro (Sub<sub>i</sub>), que se muestra en la Tabla 8. Los resultados del ICA, obtenido se interpreta de acuerdo a la Tabla 8.

$$ICA = \sum_{i=1}^n Q_i W_i \quad (3)$$

Donde:

ICA: Índice de calidad de Agua

$Q_i$ : Producto ponderado de la variable o ponderación de la variable del agua.

$W_i$ : Pesos relativos de ponderación asignados a cada parámetro ( $Sub_i$ )

$Sub_i$ : Sub índice del parámetro  $i$ , del agua.

### Tabla 8

*Escala de clasificación del ICA-NSF.*

Rango	Escala	Color
<b>Excelente</b>	91 - 100	Azul
<b>Buena</b>	71 - 90	Verde
<b>Media</b>	51 - 70	Amarillo
<b>Mala</b>	26 - 50	Naranja
<b>Muy Mala</b>	00 - 25	Rojo

Fuente: National Sanitation Foundation, NSF. (2006).

### 2.3. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

- Rubio et al., (2014). El estudio se realizó para establecer el índice de calidad de agua (ICA), para la presa La Boquilla en Chihuahua, México; la ubicación de las tomas de muestra se seleccionó aleatoriamente en seis puntos y los muestreos de agua fueron mensualmente, se consideraron cuatro profundidades: 0,30 m, 5,0 m, 10,0 m y 15,0 m. Se evaluaron los parámetros del potencial hidrógeno (pH), oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (Ce), sólidos disueltos totales (SDT), temperatura (T), cloruros ( $Cl^-$ ), dureza total (DT) y turbidez. El análisis estadístico consideró un arreglo de tratamientos factorial 12 X 4 donde el factor A, fue el tiempo de muestreo (12 meses) y el factor B la profundidad (cuatro profundidades). El ICA se evaluó para profundidades de 0,30 m y 15,0 m. Las variables se evaluaron en los niveles de: pH de 7,6 a 9,1; OD de 4,9 a 12,1  $mg L^{-1}$ , T de 11,6 a 25,5  $C^\circ$ , Ce de 173 a 219  $S.cm^{-1}$ ; SDT de



152,9 a 187,08 mg L<sup>-1</sup>; DT de 295 a 360 mg L<sup>-1</sup>, turbidez de 1,66 UTN a 4,75 UTN y Cl<sup>-</sup> de 2,91 a 10,37 mg L<sup>-1</sup>. Se evaluó el ICA promedio, para la profundidad de 0,30 m, obteniéndose un ICA de 2,7; que clasifica al agua como buena y para la profundidad de 15,0 m, el ICA calculado fue de 2,45 que clasifica al agua de regular a buena calidad. El estudio concluye que el agua de la presa La Boquilla se considera adecuada para uso pecuario, para producción agrícola, y producción piscícola.

- Servicio Nacional de Estudios territoriales - El Salvador (2002). En su estudio denotan que los índices de calidad de agua ICA, pueden evaluarse utilizando ciertos parámetros básicos en función de los usos del cuerpo de agua, y de parámetros recomendados bajo las referencias establecidas por La Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), que crea un sistema para comparar los ICA de varios ríos del país, con un diseño de un índice estándar llamado WQI (Water Quality Index) o Índice de calidad del agua (ICA). Estos Índices son ampliamente utilizado para evaluar los cambios en la calidad del agua de los ríos que varían a través del tiempo, así mismo permite comparar la calidad del agua en diferentes trayectos del mismo río y además admite comparar la calidad del agua con diferentes ríos. Los parámetros evaluados pueden ser utilizados para determinar si el agua es saludable o no en un tramo particular del río. Para valorar el ICA se evaluaron 9 parámetros: Coliformes Fecales (en NMP/100 mL), pH (en unidades de pH), Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO<sub>5</sub> en mg/L), Nitratos (NO<sub>3</sub><sup>1-</sup> en mg/L), Fosfatos (PO<sup>4</sup> en mg/L), Cambio de la Temperatura (°C), Turbidez (en FAU), Sólidos disueltos totales (en mg/L), Oxígeno disuelto (OD en % saturación).
- Torres et al., (2009). Para evaluar el ICA, indican que la asignación de pesos de ponderación para cada parámetro del agua, tiene que relacionarse con la importancia de los usos pretendidos del agua, 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 el caso del



ICA aplicables a fuentes de agua para potabilización además de las evaluaciones de los parámetros anteriores, se deberá considerar con mayor peso, al N-NO<sub>3</sub>, color, arsénico y boro.

- Coello et al., (2013). Consideran en su objetivo de trabajo de investigación, evaluar la calidad de agua utilizando el Índice de Calidad de Agua (ICA) aplicando la metodología de la National Sanitation Foundation de Estados Unidos (NSF), en los ríos alto andinos de Ozogоче, Pichahuiña y Pomacocho ubicados a (3 100 a 3 950 msnm) que forman parte del Parque Nacional Sangay en Ecuador, la evaluación fue para analizar a futuro los cambios a producirse por las variaciones medioambientales y actividades antrópicas. Para determinar el ICA, mediante parámetros de análisis físico-químico y microbiológico del agua, establecieron 6 puntos de monitoreo en el río Ozogоче, 8 en el Río Pichahuiña y 4 en el Pomacocho durante un año (febrero 2011 a febrero 2012) cubriendo las épocas de estiaje y de lluvias. Para determinar el ICA de cada río se utilizaron los resultados promedio de la evaluación de nueve parámetros analizados, obteniéndose que las tres microcuencas presentan buena calidad de aguas; con la observación de que existen parámetros que muestran mayor variación como sólidos totales, sulfatos y conductividad eléctrica, cuyas concentraciones máximas se alcanzaron en los meses de menor precipitación (de febrero a mayo).
- Pérez. (2017). En su estudio de investigación, evaluó el índice de calidad de agua del río Moquegua el que es contaminado por vertimientos de efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales Omo de Moquegua, el estudio fue realizado durante el periodo 2014 - 2015. Los parámetros para determinar el ICA fueron calificados en una escala de 0 a 100 y para la valoración de la calidad representativa del agua se consideraron las escalas de excelente, buena, media, mala y muy mala. Para su evaluación utilizó el indicador ICA-NFS, para el cual considero nueve parámetros del agua: temperatura, pH, nitratos, oxígeno disuelto, fosfatos, coliformes fecales, turbiedad, sólidos disueltos totales y demanda bioquímica de oxígeno. La evaluación de las variaciones espaciales y temporales de la calidad del agua, se analizó en base



a la información de los años 2014 y 2015 proporcionados por la Entidad Prestadora de Servicio del Agua Moquegua, Gerencia Regional de Salud y proyecto especial regional Pasto Grande, con estos resultados se cuantifico el índice de calidad ICA, por el modelo Brown-NSF para el río Moquegua antes del vertimiento de efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales Omo de Moquegua, cuya evaluación presenta un ICA-NSF de 51,44 unidades, calificado agua de calidad media y en el tramo después del vertimiento tiene un ICA-NSF de 44,18 que es calificado agua de calidad mala.

- Gil et al., (2019). En el trabajo de investigación sobre la evaluación de la calidad del agua subterránea de pozos en Maturín Venezuela, para cuantificar utilizaron la valoración del Índice de Calidad del Agua (ICA), mediante evaluación de diferentes parámetros del agua, que fueron cuantificados por el método del índice aritmético ponderado. Para el trabajo se evaluaron catorce parámetros de la calidad del agua de temperatura, pH, dureza, conductividad eléctrica, nitratos, nitritos, sulfatos, cloruros, hierro, manganeso, potasio, sodio, fenoles y coliformes fecales. El peso relativo asignado para cada parámetro vario de uno a cuatro, basados en la importancia del parámetro para la vida acuática. Los valores del ICA van desde 15,42 (pozo 6) a 606,99 (pozo 1). El impacto de varias actividades antropogénicas fue evidente en algunos parámetros como el manganeso, nitritos fenoles y coliformes fecales. Se sugiere que el monitoreo constante del acuífero es necesario para una gestión sostenible. La aplicación del ICA se recomienda como una herramienta muy útil como medio de análisis permita al público y a los responsables de la toma de decisiones, evaluar la calidad del agua subterránea en Venezuela.

- Santa Cruz, (2014). En su trabajo de investigación que se realizó en la comunidad nativa de Pueblo Nuevo del Cacao – Ucayali; para su estudio se evaluaron muestras de agua de tres pozos, que carecían o no tenían su mantenimiento respectivo, por lo tanto se desconocía el nivel de calidad de agua de cada pozo que abastece a dicha comunidad, estas aguas fueron



evaluados mediante el protocolo de determinación del índice de calidad de agua (ICA) de la Fundación nacional de saneamiento (NSF) de los estados unidos, para los cuales se determinaron nueve criterios de valoración de parámetros del agua: coliforme fecales (CF), demanda bioquímica de Oxido (DBO5), porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (% Sat. O.D), pH, cambio de temperatura, fosfatos, nitratos ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), solidos disueltos totales (SDT) y la turbidez (UNT). Del estudio se reportaron que los valores de los parámetros que están fuera los de los límites permisibles, establecidos corresponde a los: coliformes fecales (27,5 NMP/100 mL), porcentaje de saturación de O.D. (76,38 % sat) y valoración de fosfatos (4,44 mg/L) y los demás parámetros se encuentran dentro de los estándares contemplados para agua de uso directo, según valores del ICA – NSF. La evaluación para los pozos se encuentra en la categoría del agua entre los rangos de 26 – 50 en la escala del color Naranja con un índice de calidad de 31,95; calificado como aguas de Mala Calidad. El pozo 1, manifestó los más bajos valores de calidad de agua, con un índice de 25,57 dentro de un rango de 0-25 en la escala del color Rojo considerado como aguas de categoría de Muy Mala calidad. Del estudio se sugiere que los pobladores de la comunidad nativa que consumen el agua de estos pozos, realicen un previo tratamiento convencional del agua, entre estas se debe poner el agua a ebullición antes de su consumo.

- García, (2021). En el estudio de investigación realizó la selección más idónea del Índice de Calidad del Agua (ICA) que se ajusta a la normativa técnica para los ríos de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. Para el estudio fueron seleccionados 9 ríos del territorio (Pove, Otongo, Mapali, Cucaracha, Chila, Damas, Camal, Bolo y el Estero Kasama) en el que abarcando 26 puntos de muestreos durante los años 2015-2017. El estudio del análisis comparativo del Índices de Calidad del Agua ICA se realizó entre: NSF, CCME, ICG, ICAUCA, y de León. La comparación a la normativa ecuatoriana se procedió mediante pruebas estadísticas considerando los criterios de: Se evalúa cada ICA que muestre la recta con mayor



pendiente, de menor intervalo de confianza de la pendiente, y de menor cantidad de parámetros. Se obtuvo como principal resultado que el ICA-NSF describe mejor la calidad del agua de los ríos, es el más adecuado describiendo mejor la calidad del agua, con menos parámetros, por tanto, se recomienda su uso, pero deben usarse con precaución para la toma de decisiones como el uso de agua para el consumo humano.

- Arias, (2018). En el trabajo sobre la caracterización fisicoquímica y bacteriológica, del agua de consumo humano y su calidad, plantea en el objetivo de su estudio; determinar el índice de calidad del agua (ICA), que consume la población de pampa Hermosa, ubicado en el distrito de Chontabamba provincia de Oxapampa, para el cual se identificó el lugar de muestreo, siendo elegido el punto de captación del agua que es consumida por la población, agua que no tiene el tratamiento de desinfección; para determinar el ICA, se evaluaron los parámetros de campo (Temperatura, pH y OD) y se analizaron en laboratorio los parámetros fisicoquímico de (Conductividad eléctrica, color, STD, turbidez, Cianuro, nitritos, nitrato, DBO5, fosfato, cloruros, dureza y flúor), los cuales se encuentran dentro del rango establecido por los LMP ECAs de la normativa nacional a excepción del parámetro turbidez y los parámetros bacteriológicos (coliformes totales, coliformes termotolerantes, echaría Coli y organismos de vida libre) contienen concentraciones que superan los LMP de la normativa nacional. La recolección de la información se realizó mediante toma de muestras en campo, realizando un monitoreo con equipos de multiparámetro de agua; para el análisis químico y bacteriológico las muestras fueron enviados a la ciudad de Lima. Los resultados finales indican que en el centro poblado de Pampa Hermosa la calidad del agua tiene un ICA de 78,56 determinado por el método NSF, considerándose 9 parámetros de mayor importancia: El OD; coliformes fecales; pH; DBO5; NO<sub>3</sub>-N; fosfatos; desviación de temperatura; turbiedad y SDT; con una ponderación de 0,17; 0,15; 0,12; 0,10; 0,10; 0,10; 0,10 y 0,08 respectivamente. El ICA NSF es de 82,35 rango comprendido entre los valores de 70-90 que indica que el agua que es consumida por esta



población es de buena calidad; pero debido a resultados de la mala calidad bacteriológica es necesario implementar su tratamiento antes de consumirla.

- Who, (2006). Indica que las estadísticas de mortalidad y morbilidad mundial, a consecuencia de las enfermedades diarreicas son derivadas de la calidad y contaminación del agua, que representan 1,8 millones de muertes en el 2002. Colocando a las enfermedades diarreicas como el tercero en la lista de morbilidad y la sexta causa más alta de mortalidad. Se considera que el 3,7% de la carga de morbilidad mundial se deriva de la calidad del agua.
- Curo, (2017), En su estudio sobre la calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de pozos con fines para consumo humano, se evaluaron en cuatro parcialidades en el distrito de Huata provincia Puno; reportándose los siguientes resultados de recuento para coliformes totales en 360,00 UFC/100ml en la parcialidad de Collana I, un mínimo de 82,30 UFC/100ml en la parcialidad de Collana II; la determinación de coliformes termotolerantes fue de 3,30 UFC/100ml en la parcialidad de Collana II, y de 0,3 UFC/100ml en la parcialidad de Yasín; respecto al pH en Yasín fue 7,8 y en Faón de 6,9 a 7,3 de pH, en la evaluación de la conductividad eléctrica para las parcialidades de Collana I, Faón y Yasín, fueron de 2 448,3; 2 037,3 y 1 660,7  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  respectivamente; la dureza total en Collana I, fue de 408,3  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  y en Collana II, 264,4  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ; la alcalinidad fue de 408,3  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  en Collana I y 264,4  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  en Collana II; la determinación de cloruros fue de 168,1  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  en Faón y 91,6  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  en Yasín, mientras que la concentración de sulfatos fueron de 132,7  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  en Collana I y 46,0  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  en Yasín; respecto a la evaluación del parámetro hierro fueron 1,2  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  en Yasín, y 0,9  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  en Collana I. Evaluaciones que indican que las aguas de pozos se encuentran contaminadas y no aptas para el consumo humano.
- Calsín, (2016). Evaluó la calidad fisicoquímica y bacteriológica de aguas subterránea de pozos, para consumo humano en el sector de Taparachi III, del Distrito de Juliaca, región Puno; reportándose los resultados promedio de: conductividad eléctrica de 1636,25 – 1082,18



$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , turbiedad de 2,15 – 3,09 UNT; sulfatos de 324,00 – 226,18  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , cloruros de 206,50 – 134,31  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , dureza total de 628,91 – 438,91  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ; coliformes totales de 628,91 – 438,91 UFC/100 mL, coliformes fecales de 107,22- 27,79 UFC/100 mL. Concluyéndose que las aguas de los pozos subterráneos se encuentran con contaminación bacteriológico debido a la filtración de aguas servidas.

- Tacuri, (2018). En el estudio de la determinación de la calidad de agua de pozos artesianos y sus aspectos ambientales asociados, se realizó en el sector de la circunvalación 2 margen derecho e izquierdo del río Torococha de la ciudad de Juliaca, Provincia de San Román, evaluaciones realizadas durante los meses de Junio-Septiembre del 2018. El objetivo principal fue determinar la calidad de agua obtenida a partir de pozos artesianos, estableciendo fundamentalmente las características físico químicas y microbiológicas de muestras de agua obtenidas en 10 pozos. Se concluye que ninguno de los pozos artesianos tiene agua apta para el consumo humano. Luego de la evaluación de riesgos ambientales se tiene que el escenario de consumo de agua tienen contaminación fecal en las fuentes de agua, que alcanza el nivel de riesgo muy alto que llega a 240 Colif./100mL en *Coliformes fecales*, con elevado contenido de dureza, llegando a 1 128  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , así mismo elevada cantidad de sulfatos que llega a 338,40  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  y finalmente el escenario para consumo de agua reporta elevada cantidad de cloruros de 511,84  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  lo que presenta un riesgo ambiental de categoría medio.



## CAPITULO III

### MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL ESTUDIO

La ubicación geográfica del área de estudio, se encuentra en la Urbanización Néstor Cáceres Velásquez, ubicado en la zona urbana sur oeste de la Ciudad de Juliaca, Provincia de San Román. Región Puno. En la Figura 1, se muestra el plano de ubicación del proyecto, en la Figura 2 se muestra el plano de ubicación local del proyecto, en la Figura 3 se muestra el plano hidrológico del proyecto y en la Figura 4 se muestra el plano de los puntos de muestreo de aguas naturales de pozos subterráneos.

##### 3.1.1. Ubicación geográfica.

El área de estudio comprende en la Urbanización Néstor Cáceres Velásquez, de la Ciudad de Juliaca dentro de los siguientes vértices:

PUNTO	X	Y
V <sub>1</sub>	379775	8281927
V <sub>2</sub>	380446	8281909
V <sub>3</sub>	380438	8280992
V <sub>4</sub>	379664	8281064

Variación altitudinal: 5 300 – 3800 m.s.n.m.

##### 3.1.2. Ubicación política

Región: Puno

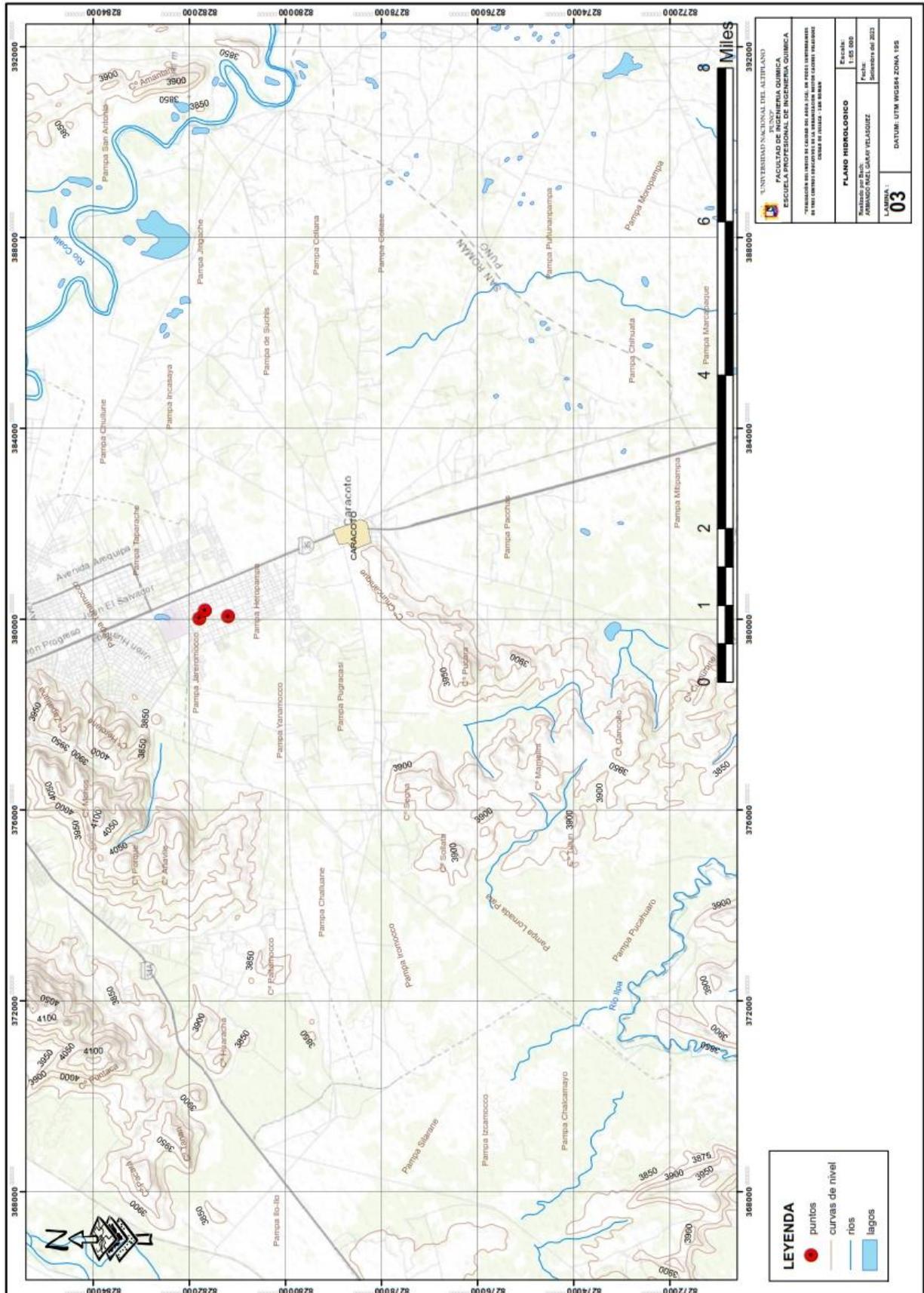
Provincia: San Román.

Distrito: Juliaca.





**Figura 3**  
*Plano hidrológico del proyecto*



**Figura 4**

*Plano de los puntos de muestreo de aguas naturales de pozos subterráneos.*





## 3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es:

- Experimental, cuantitativo y aplicativo a nivel de laboratorio, cuyo objetivo es determinar el índice de la calidad de agua (ICA), del área de estudio en muestras de agua homogenizada.
- Por su temporalidad su estudio se enmarca en un periodo puntual y de campo, de época de estiaje y época de precipitación pluvial en su ambiente natural.
- La investigación según su fuente de estudio, es de “Fuente Primaria” por qué se utilizaron mediciones de campo y laboratorio de procesos inmediatos.

## 3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

### 3.3.1. Población.

La población corresponde a la Urbanización Néstor Cáceres Velásquez, de la Ciudad de Juliaca, Provincia de San Román, Región Puno; que corresponden para la evaluación de la calidad de agua (ICA) para consumo humano, de captación de pozos subterráneos en tres centros educativos:

- Institución educativa de Educación Inicial I.E.I. N° 367 Satélite.
- Institución educativa de Educación Primaria I.E.P. N° 70604 Néstor Cáceres Velásquez.
- Institución educativa de Educación Secundaria I.E.S. Inca Garcilaso de la Vega.

### 3.3.2. Muestra

Se tomaron muestras de agua para su determinación in situ y así mismo se tomaron muestras de agua para análisis en laboratorio, las muestras de agua son provenientes de cada uno de los tres pozos subterráneos de aguas naturales; los puntos de muestreo se ubican en las siguientes Coordenadas UTM:



- **Muestras para parámetros físico químicos in situ:**

Oxígeno disuelto (OD)	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Temperatura (T)	$^{\circ}\text{C}$
Conductividad eléctrica (Ce)	$\text{uS} \cdot \text{cm}^{-1}$
Sólidos totales disueltos (STD)	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
pH	unidad pH.

- **Muestras para parámetros físico químicos, de análisis en laboratorio**

Demanda biológica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Nitratos ( $\text{NO}_3^{-1}$ )	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Fosfatos ( $\text{PO}_4^{-3}$ )	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Turbidez (NTU)	NTU
Coliformes fecales (CF)	NMP/100

- **Punto de muestreo:**

**Institución educativa de Educación Inicial I.E.I. N° 367 Satélite.**

Parámetros físico químicos in situ:

Coordenadas UTM.

Sur 03800590

Este 82811914

Altura (m.s.n.m.) 3819

**Institución educativa de Educación Primaria I.E.P. N° 70604 Néstor**

**Cáceres Velásquez.**

Coordenadas UTM.

Sur 0380016

Este 8281797

Altura (m.s.n.m.)

3817

**- Institución educativa de Educación Secundaria I.E.S. Inca Garcilaso de la Vega.**

Coordenadas UTM.

Sur

0380179

Este

8281684

Altura (m.s.n.m.)

3818

En la Tabla 9; se muestran la selección de parámetros físico químicos y bacteriológicos del agua, para la evaluación del índice de calidad de agua (ICA-NSF) por el Método de la Fundación de Sanidad Nacional de los EE. UU (ICA-NSF-USA)

**Tabla 9**

*Selección de parámetros físico químicos bacteriológicos del agua para la evaluación del ICA-NSF*

i	Parámetros - Sub <sub>i</sub>	Método	W <sub>i</sub>
1	pH	pH-metro	0, 12
2	Temperatura.	Termómetro °C	0.10
3	Oxígeno disuelto (OD)	Oxímetro-Winkler	0.17
4	DBO <sub>5</sub>	Oxímetro-Winkler	0,10
5	Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup> )	HACH	0,10
6	Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	HACH	0,10
7	Turbidez (NTU)	Colorimétrico	0,08
8	Sólidos totales disueltos (STD)	Multiparámetro	0,08
9	Coliformes fecales		0,15

Fuente. Índice de calidad de agua, ICA-NSF. (2006)

En la Tabla 10, se muestran las evaluaciones de análisis en laboratorio de los diferentes parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua, para determinar el índice de la calidad de agua (ICA), provenientes de pozos subterráneos para consumo



humano por la población de tres centros educativos de la Urbanización Néstor Cáceres Velásquez de la Ciudad de Juliaca.

**Tabla 10**

*Análisis en laboratorio de diferentes parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua para consumo humano para determinar el índice de calidad de agua (ICA)*

MUESTRA N°--. Institución Centro educativo:					
CARACTERISTICAS		FECHA MUESTREO			
PARAMETROS	UNIDADES	1	2	3	4
		30/05/2022	23/06/2022	24/08/2022	03/01/2023
<b>Análisis físico-químico</b>					
<i>Características Organolépticas</i>					
Aspecto					
Color					
Olor					
<i>Características Físico-químicas</i>					
pH					
Temperatura	°C				
Conductividad Eléctrica	uS· cm <sup>-1</sup>				
<i>Características Químicas</i>					
Dureza total como CaCO <sub>3</sub>	mg · L <sup>-1</sup>				
Alcalinidad como CaCO <sub>3</sub>	mg · L <sup>-1</sup>				
Cloruros como Cl <sup>-1</sup>	mg · L <sup>-1</sup>				
Sulfatos como SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg · L <sup>-1</sup>				
Nitratos como NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	mg · L <sup>-1</sup>				
Nitrógeno amoniacal	mg · L <sup>-1</sup>				
Calcio como Ca <sup>+2</sup>	mg · L <sup>-1</sup>				
Magnesio como Mg <sup>+2</sup>	mg · L <sup>-1</sup>				
DBO	mg · L <sup>-1</sup>				
Solidos totales	mg · L <sup>-1</sup>				
Porcentaje de salinidad	%				
Turbidez	NTU				
<b>Análisis Microbiológico</b>					
Coliformes totales	NMP/100ml				
Coliformes fecales	NMP/100ml				



### 3.3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

La técnica para la recolección de muestras y de datos fue de fuentes primarias; primeramente, se realizó la toma de muestras de agua por el método compuesto por durante 24 horas, integrado por colección de muestras de agua cada ocho horas (tres veces por día) para un volumen final de 05 litros de agua, en frascos de vidrio de boca ancha subdivididos en volúmenes de 500 mL, en forma separada acondicionados con sus respectivos reactivos preservantes.

Se evaluaron in situ, mediante un multiparámetro para agua, HACH modelo sension-5 para los parámetros de: Oxígeno disuelto (OD)  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), Conductividad eléctrica (Ce)  $\text{uS} \cdot \text{cm}^{-1}$ , Sólidos totales disueltos (STD)  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , Salinidad (Sa) % y pH evaluado por pH metro RoHS MODELO PH-911-2021.

Los muestreos de agua se realizaron cada mes, por cuatro meses consecutivos, en las fechas indicadas en la tabla 10. La recolección de muestras del agua natural se realizó por método de muestreo compuesto de 6x4 muestras/día (seis muestras cada cuatro horas por día) del pozo subterráneo respectivo, previamente codificado y adición del preservante indicado por el laboratorio para cada parámetro físico-químico y microbiológico del agua

La determinación de análisis de los parámetros se realizó en el Laboratorio Central de Control de Calidad, de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano, siguiendo los métodos estándar de análisis APHA. AWWA. (2002). cuyas certificaciones se muestran en el Anexo 2, en las que se reportan los códigos de los métodos de análisis aplicados.

### 3.3.4. Diseño estadístico.

Para el estudio de investigación se aplicó, el análisis descriptivo de cada uno de los factores que intervienen en la determinación de los ICAs (Índice de Calidad de Aguas de cada uno de los tres puntos de muestra:

- Punto de muestreo 01 (M1). Institución educativa de Educación Inicial I.E.I. N° 367 Satélite.
- Punto de muestreo 02 (M2). Institución educativa de Educación Primaria I.E.P. N° 70604 Néstor Cáceres Velásquez.
- Punto de muestreo 03 (M3). Institución educativa de Educación Secundaria I.E.S. Inca Garcilaso de la Vega.

Para determinar el Índice de Calidad de Aguas (ICA) en cada punto de muestreo se utilizó el siguiente modelo matemático:

$$ICA = \sum_{i=1}^n Q_i W_i \quad (3)$$

Donde:

**variable dependiente**

ICA: Índice de calidad de Agua ()

**variable Independiente**

Qi: Producto ponderado de la variable o ponderación del agua.

W<sub>i</sub>: Pesos relativos de ponderación asignados a cada parámetro (Sub<sub>i</sub>)

Sub<sub>i</sub>: Sub índice del parámetro i, del agua.

Para el objetivo específico y general se plantea el Análisis de la Varianza (ANOVA) de un factor para muestras independientes, para determinar si existe alguna diferencia estadísticamente significativa en los ICAs, encontrados, con el fin de realizar recomendaciones.



Para ello se realizó los siguientes pasos:

**Planteo de Hipotesis:**

$H_0: \mu_{M1} = \mu_{M2} = \mu_{M3}$  : es decir que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los ICAs encontrados o son iguales

$H_1: \mu_{M1} \neq \mu_{M2} \neq \mu_{M3}$  : es decir que existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los ICAs encontrados o son diferentes

**Nivel de significancia:**

NC (nivel de confianza) = 0,95

$\alpha$  (nivel de significancia) = 0,05

**Prueba estadística:**

Se aplicó el Análisis de la Varianza (ANOVA) de un solo factor

**Modelo:**

$$\overline{ICA}_{M_i} = \frac{\sum_1^n ICA_i}{n}$$

**Criterio de decisión:**

Si p-valor < 0,05 se rechaza la  $H_0$

Si p-valor  $\geq$  0,05 se acepta la  $H_0$  y se rechaza la  $H_1$

**3.3.5. Variables.**

Para el proceso de Evaluación del índice de calidad de agua (ICA-NSF) por el método de la Fundación de Sanidad Nacional de los EE. UU (ICA-NSF-USA), en pozos subterráneos de aguas naturales para consumo humano en la Ciudad de Juliaca, Provincia de San Román, Región Puno; se han identificado las siguientes variables:



- Variable Independiente (Vi): Causa

Aguas naturales de pozos subterráneos

- Variable Dependiente (Vd): Efecto

Índice de calidad de agua (ICA),

- Variables Intervinientes:

Parámetros físico-químico y bacteriológico del agua, no considerados en la evaluación del índice índice de calidad de agua (ICA-NSF)



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS

##### 4.1.1. Análisis de parámetros físico químicos y bacteriológicos del agua en los puntos de muestreo.

Para el estudio se determinaron tres puntos de muestreo con el objetivo de evaluar la calidad de agua (ICA) para consumo humano, procedentes de los puntos de captación de pozos subterráneos ubicados en tres centros educativos, de la Urbanización Néstor Cáceres Velásquez, de la Ciudad de Juliaca, Provincia de San Román, Región Puno;

- Punto de muestreo 01 (M1). Institución educativa de Educación Inicial I.E.I. N° 367 Satélite.
- Punto de muestreo 02 (M2). Institución educativa de Educación Primaria I.E.P. N° 70604 Néstor Cáceres Velásquez.
- Punto de muestreo 03 (M3). Institución educativa de Educación Secundaria I.E.S. Inca Garcilaso de la Vega.

El estudio de la caracterización y evaluación de los parámetros físico químicos y bacteriológicos del agua natural de pozos subterráneos, se realizó para determinar la calidad de agua (ICA), el estudio se desarrolló en cuatro fechas diferentes, que comprenden dos evaluaciones de muestras de agua para la época de estiaje y dos evaluaciones de muestras de agua para la época de precipitación pluvial, en su ambiente natural. Los resultados de los análisis físico químicos y bacteriológicos de las muestras de agua se muestran en las Tablas 11,12 y13.

**Tabla 11**

*Análisis físico químico y bacteriológico de aguas de pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite*

PUNTO DE MUESTREO 01. (M1). Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite						
CARACTERÍSTICAS			MUESTRAS			
PARAMETROS	UNIDAD		1	2	3	4
			30/05/2022	23/06/2022	24/08/2022	03/01/2023
<b>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO</b>						
<i>Características organolépticas</i>						
Aspecto			Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Color			Incoloro	Incoloro	Incoloro	Incoloro
Olor			Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro
<i>Características físico-químicas</i>						
pH			8,20	7,66	7,38	6,45
Temperatura	°C		15,00	14,00	15,00	15,00
Conductividad Eléctrica	uS· cm <sup>-1</sup>		1 258,00	7 31,00	481,00	513,00
Oxígeno disuelto	mg· L <sup>-1</sup>		3,70	3,60	3,80	3,90
<i>Características químicas</i>						
Dureza total como CaCO <sub>3</sub>	mg· L <sup>-1</sup>		451,73	435,52	454,20	575,40
Alcalinidad como CaCO <sub>3</sub>	mg· L <sup>-1</sup>		313,16	464,85	343,05	228,56
Cloruros como Cl <sup>-1</sup>	mg· L <sup>-1</sup>		99,97	107,97	389,90	107,97
Fosfatos como PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg· L <sup>-1</sup>		1,07	1,11	1,63	1,86
Nitratos como NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	mg· L <sup>-1</sup>		9,90	26,50	26,80	18,24
Nitrógeno amoniacal	mg· L <sup>-1</sup>		540,00	58,56	50,00	60,00
Calcio como Ca <sup>+2</sup>	mg· L <sup>-1</sup>		96,86	128,82	81,20	85,82
Magnesio como Mg <sup>+2</sup>	mg· L <sup>-1</sup>		32,64	27,58	12,21	87,70
DBO	mg· L <sup>-1</sup>		1,00	1,80	2,20	1,90
Sólidos totales disueltos	mg· L <sup>-1</sup>		502,00	400,00	191,60	200,80
Porcentaje de salinidad	%		1,00	3,65	0,20	0,20
Turbidez	NTU		< 5	2,00	2,60	3,50
<b>ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO</b>						
Bacterias coliformes totales	NMP/100mL		< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Coliformes fecales	NMP/100mL		< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00

Son resultados de análisis en laboratorio de muestras de agua de pozo de la IEI Satélite.

**Tabla 12**

*Análisis físico químico y bacteriológico de aguas de pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604 Néstor Cáceres Velásquez*

PUNTO DE MUESTREO 2. (M2): Institución Educativa Primaria IEP 70604 Néstor Cáceres Velásquez					
CARACTERÍSTICAS		MUESTRAS			
PARAMETROS	UNIDAD	1	2	3	4
		30/05/2022	23/06/2022	24/08/2022	03/01/2023
<b>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO</b>					
<i>Características Organolépticas</i>					
Aspecto		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Color		Incoloro	Incoloro	Incoloro	Incoloro
Olor		Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro
<i>Características Físico-químicas</i>					
pH		7,66	6,90	7,27	6,03
Temperatura	°C	14,00	14,00	15,00	15,00
Conductividad eléctrica	uS· cm <sup>-1</sup>	1 555,00	1 194,00	781,00	776,00
Oxígeno disuelto	mg· L <sup>-1</sup>	3,09	3,80	3,70	3,60
<i>Características químicas</i>					
Dureza total como CaCO <sub>3</sub>	mg· L <sup>-1</sup>	932,3	643,68	854,20	762,68
Alcalinidad como CaCO <sub>3</sub>	mg· L <sup>-1</sup>	266,64	399,88	270,30	232,65
Cloruros como Cl <sup>-1</sup>	mg· L <sup>-1</sup>	189,94	351,88	439,85	197,94
Fosfatos como PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg· L <sup>-1</sup>	1,86	1,22	1,03	1,02
Nitratos como NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	mg· L <sup>-1</sup>	14,50	52,80	50,80	50,50
Nitrógeno amoniacal	mg· L <sup>-1</sup>	83,00	175,09	530,00	483,00
Calcio como Ca <sup>+2</sup>	mg· L <sup>-1</sup>	190,19	223,16	174,25	186,77
Magnesio como Mg <sup>+2</sup>	mg· L <sup>-1</sup>	73,30	20,84	20,35	71,89
DBO	mg· L <sup>-1</sup>	1,70	1,00	1,35	1,60
Sólidos totales disueltos	mg· L <sup>-1</sup>	778,00	700,00	264,00	250,00
Porcentaje de salinidad	%	0,90	5,97	0,30	0,30
Turbidez	NTU	< 5	0,15	0,11	0,49
<b>ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO</b>					
Bacterias coliformes totales	NMP/100ml	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Coliformes fecales	NMP/100ml	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00

Son resultados de análisis en laboratorio de muestras de aguas de pozo de la IEP 70604 Nestor Cáceres Velásquez

**Tabla 13**

*Análisis físico químico y bacteriológico de aguas de pozo subterráneo de la Institución De Educación Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega*

<b>PUNTO DE MUESTREO 3. (M3). Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega</b>					
<b>CARACTERÍSTICAS</b>		<b>MUESTRAS</b>			
<b>PARAMETROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
		30/05/2022	23/06/2022	24/08/2022	03/01/2023
<b>ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO</b>					
<i>Características Organolépticas</i>					
Aspecto		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Color		Incoloro	Incoloro	Incoloro	Incoloro
Olor		Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro
<i>Características Físico-químicas</i>					
pH		7,36	7,72	6,84	6,38
Temperatura	°C	14,00	14,00	14,00	15,00
Conductividad Eléctrica	uS· cm <sup>-1</sup>	1 240,00	1 886,00	1 261,00	1 325,00
Oxígeno disuelto	mg· L <sup>-1</sup>	1,64	2,70	2,90	3,02
<i>Características Químicas</i>					
Dureza total como CaCO <sub>3</sub>	mg· L <sup>-1</sup>	1 144,32	1 232,16	1 572,20	1 080,40
Alcalinidad como CaCO <sub>3</sub>	mg· L <sup>-1</sup>	420,68	332,08	304,30	277,18
Cloruros como Cl <sup>-1</sup>	mg· L <sup>-1</sup>	315,90	495,84	719,80	397,88
Fosfatos como PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg· L <sup>-1</sup>	1,39	1,92	1,20	1,16
Nitratos como NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	mg· L <sup>-1</sup>	9,10	40,01	30,90	20,30
Nitrógeno amoniacal	mg· L <sup>-1</sup>	2550,00	1780,00	1010,00	823,50
Calcio como Ca <sup>+2</sup>	mg· L <sup>-1</sup>	276,16	314,04	245,90	239,50
Magnesio como Mg <sup>+2</sup>	mg· L <sup>-1</sup>	63,97	27,16	46,54	117,06
DBO	mg· L <sup>-1</sup>	1,30	1,70	1,40	2,00
Sólidos totales disueltos	mg· L <sup>-1</sup>	291,00	1 100,00	453,00	660,00
Porcentaje de salinidad	%	0,30	9,61	0,50	0,70
Turbidez	NTU	< 5	0,04	1,28	3,52
<b>ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO</b>					
Bacterias coliformes totales	NMP/100ml	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Coliformes fecales	NMP/100ml	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00

Son resultados de análisis de laboratorio de muestras de agua de pozo del IES Inca Garcilaso de la Vega

#### 4.1.2. Evaluaciones de parámetros físico químicos del agua In situ en los puntos de muestreo.

En los tres puntos de estudio de aguas naturales de pozos subterráneos, se realizaron la toma de muestras, cuyas evaluaciones se realizaron en cuatro diferentes fechas de muestreos tal como se expone en las Tablas 11, 12, 13, 14, 15, 16; para los cuales primeramente se efectuaron las evaluaciones In Situ y así mismo se tomaron muestras de agua natural de los tres pozos de muestreo, para su análisis en el laboratorio certificado de “Laboratorios Analíticos del Sur Arequipa (LAS - Arequipa); las evaluaciones In Situ comprenden los siguientes parámetros físico químicos de:

- Temperatura (T) en unidades de °C.
- Oxígeno disuelto (O.D) en unidades de  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
- pH
- Conductividad eléctrica (Ce) en unidades de  $\text{uS} \cdot \text{cm}^{-1}$

Los resultados de las evaluaciones In Situ se exponen en las Tablas 14, 15 y 16.

**Tabla 14**

*Análisis físico químico In Situ de aguas de pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite*

PUNTO DE MUESTREO 01. (M1). Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite					
CARACTERISTICAS		MUESTRAS			
PARAMETROS	UNIDAD	1	2	3	4
		30/05/2022	23/06/2022	24/08/2022	03/01/2023
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO IN SITU					
<i>Características</i>					
<i>Físico-químicas</i>					
Temperatura	°C	15	14	15	15
pH		8,20	7,66	7,38	6,45
Oxígeno Disuelto	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	3,70	3,60	3,80	3,90
Conductividad eléctrica	$\text{uS} \cdot \text{cm}^{-1}$	1 258	731	481	513

**Tabla 15**

*Análisis físico químico In Situ de aguas de pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604 Néstor Cáceres Velásquez*

PUNTO DE MUESTREO 02. (M2). Institución Educativa Primaria IEP 70604					
CARACTERISTICAS		MUESTRAS			
PARAMETROS	UNIDAD	1	2	3	4
		30/05/2022	23/06/2022	24/08/2022	03/01/2023
ANALISIS FISICOQUÍMICO IN SITU					
<i>Características Físico-químicas</i>					
Temperatura	°C	14	14	15	15
pH		7,60	6,90	7,27	6,03
Oxígeno Disuelto	mg· L <sup>-1</sup>	3,09	3,80	3,70	3,60
Conductividad eléctrica	uS· cm <sup>-1</sup>	1 555	1 194	781	776

**Tabla 16**

*Análisis físico químico In Situ de aguas de pozo subterráneo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso de la Vega*

PUNTO DE MUESTREO 03. (M3). Institución Educativa Secundaria Inca Garcilaso de la Vega					
CARACTERISTICAS		MUESTRAS			
PARAMETROS	UNIDAD	1	2	3	4
		30/05/2022	23/06/2022	24/08/2022	03/01/2023
ANALISIS FISICO QUÍMICO IN SITU					
<i>Características Físico-químicas</i>					
Temperatura	°C	14	14	14	15
pH		7,36	7,72	6,84	6,38
Oxígeno Disuelto	mg· L <sup>-1</sup>	1,64	2,70	2,90	3,02
Conductividad eléctrica	uS· cm <sup>-1</sup>	1 240	1 886	1 261	1 325

#### **4.1.3. Determinación de los Límites Máximo Permisible (LMP) y Estándares de Calidad de Aguas (ECAs) de parámetros físico químicos y bacteriológico de aguas de pozo.**

Las Tablas 17, 18 y 19, muestran la determinación de los límites máximo permisibles LMP (DS. 03-2010-SA.) para aguas de consumo humano y los estándares de calidad de aguas ECAs (DS. 004-2017-MINAM), Categoría 1: Poblacional y



Recreacional, Sub categoría A1, aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, que pueden ser potabilizadas con desinfección.

La Tabla 17 muestra los resultados de las evaluaciones de los parámetros físico químicos y bacteriológico de agua de pozo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite, en la cual los parámetros físico químicos de pH, temperatura, nitratos, DBO, sólidos totales disueltos y la turbidez, no sobre pasan los LMP y los ECAs; por lo tanto, de acuerdo a los resultados de análisis físico químico de los parámetros citados, el agua natural de subsuelo del pozo, es apto para consumo humano y puede ser potabilizada mediante tratamiento en el nivel de la sub categoría A1, por proceso de desinfección. Se debe citar que los resultados de evaluación del parámetro de oxígeno disuelto (OD), tienen valores menores al LMP y al ECAs; así mismo los fosfatos reportan valores que sobre pasan al LMP y al ECAs, por lo tanto, debido a los resultados de evaluación de estos dos parámetros, esta agua natural requiere tratamiento para ser aptas para consumo humano. Respecto a la evaluación del parámetro bacteriológicos de coliformes fecales, estas se encuentran con valores menores y por debajo de los LMP y del ECAs.; por lo tanto, por la evaluación del parámetro bacteriológico de coliformes fecales, estas aguas son aptas para consumo humano.

**Tabla 17**

*Limites Máximo Permisible (LMP) y Estándares de Calidad de Aguas (ECAs) de parámetros físico químicos y bacteriológico del agua de pozo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite (M1)*

CARACTERISTICAS		MUESTRAS				LMP	ECAs
Parámetros - Subi	Unidad	1	2	3	4	DS.031-2010-SA	DS.004-2017-MINAM.
		30/05/2022	23/06/2022	24/08/2022	03/01/2023		
pH		8,20	7,66	7,38	6,45	6,5-8,5	6,5-8,5
Temperatura	°C	15,00	14,00	15,00	15,00		Δc° 3
Oxígeno disuelto	mg· L <sup>-1</sup>	3,70	3,60	3,80	3,90		≥ 6
Fosfatos como PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg· L <sup>-1</sup>	1,07	1,11	1,63	1,86		0,1
Nitratos como NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	mg· L <sup>-1</sup>	9,90	26,50	26,80	18,24	50	50
DBO	mg· L <sup>-1</sup>	1,00	1,80	2,20	1,90		3
Solidos totales disueltos	mg· L <sup>-1</sup>	502,00	400,00	191,60	200,80	1 000	1 000
Turbidez	NTU	< 5	2,00	2,60	3,50	5	5
Coliformes fecales	NMP/100mL	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,8	50

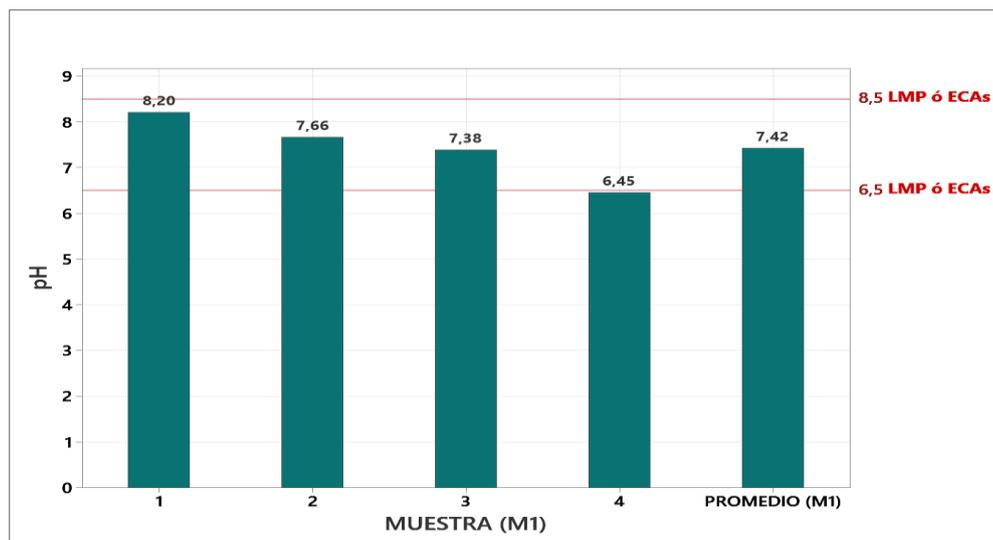
De los reportes de los valores de las concentraciones del Oxígeno disuelto estas proximalmente son menores y las concentraciones de Fosfatos son mayores a los estándares de la calidad de agua (ECAs); los valores de las evaluaciones de estos dos parámetros posiblemente se deben a la producción de aguas residuales y a actividades antropogénicas al entorno del pozo en estudio tal como afirman (Gil et al., 2019)

Las evaluaciones del parámetro físico, del pH (Potencial de Hidrógeno) de aguas del pozo subterráneo, de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite (M1), se muestra en la figura 5, con un valor promedio de 7,42; las evaluaciones realizadas en las cuatro fechas de muestreo, estas cumplen con el límite máximo permisible (LMP) y el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs), que consideran valores de 6,5 a 8,5, por lo tanto, son aguas naturales aptas para consumo humano. Curo (2017), En su estudio sobre la calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de pozos con fines para consumo humano, la evaluación en cuatro parcialidades en el distrito de Huata provincia

Puno, reporta que los parámetros de Ph, son en promedio de 6,9 a 7,8 valores que indican, que las aguas de pozos se encuentran aptas para el consumo de acuerdo a los (ECAs) que consideran de ph de 6,5 a 8,5

### Figura 5

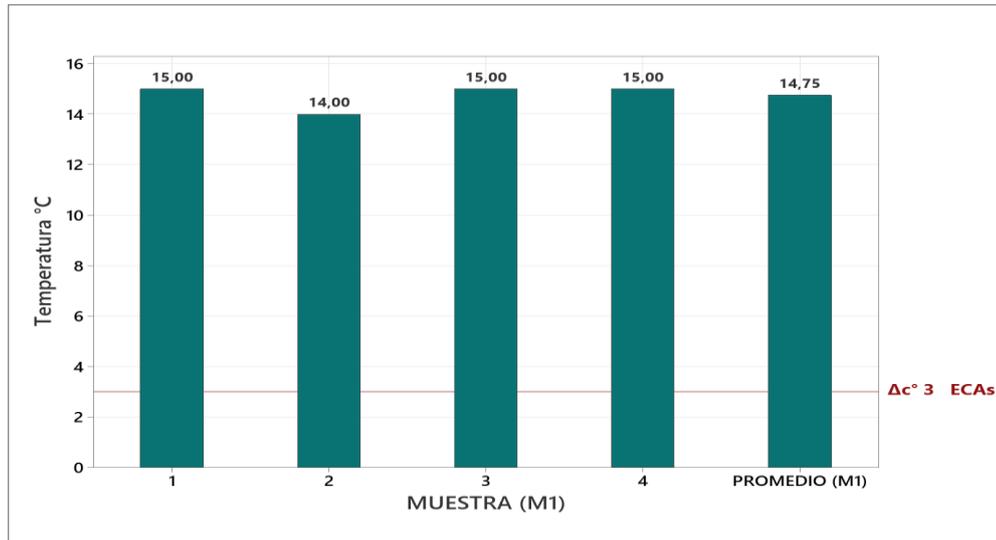
*Evaluación del parámetro de pH (Potencial de Hidrógeno), de aguas naturales del pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite.*



Las evaluaciones del parámetro físico, de la Temperatura °C, del agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite (M1) se reporta en la figura 6, en el que se tiene el valor promedio de 14,75 °C, medida que está por encima de  $\Delta c^{\circ} 3$  del valor permitido por el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs). Las evaluaciones realizadas en las cuatro fechas de muestreo, estas cumplen con el límite máximo permisible (LMP) del Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs), por lo tanto, el agua natural del pozo subterráneo en estudio es apto para consumo humano.

**Figura 6**

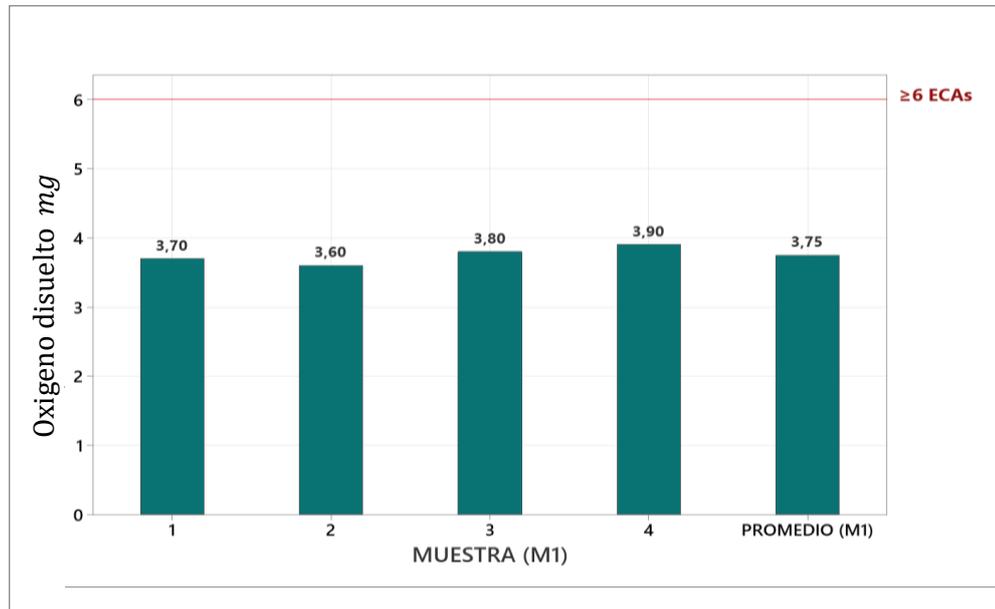
*Parámetro Temperatura °C, de aguas naturales del pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite.*



La Figura 7, muestra la evaluación del parámetro químico, del Oxígeno disuelto ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), en las aguas naturales del pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite (M1); el promedio de las evaluaciones de las cuatro fechas de muestreo, tiene el valor de 3,75 ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), esta concentración es menor al valor de ( $\geq 6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) establecido por el ECAs (Estándar de Calidad Ambiental para Agua) por lo tanto, no es apto para consumo humano; este desbalance de la concentración del oxígeno disuelto (OD) posiblemente se debe a la bio degradación de la materia orgánica disuelta en el agua (Miranda, 2012), por lo que requiere su tratamiento para elevar su concentración de oxígeno disuelto hasta ser apto para el consumo humano.

**Figura 7**

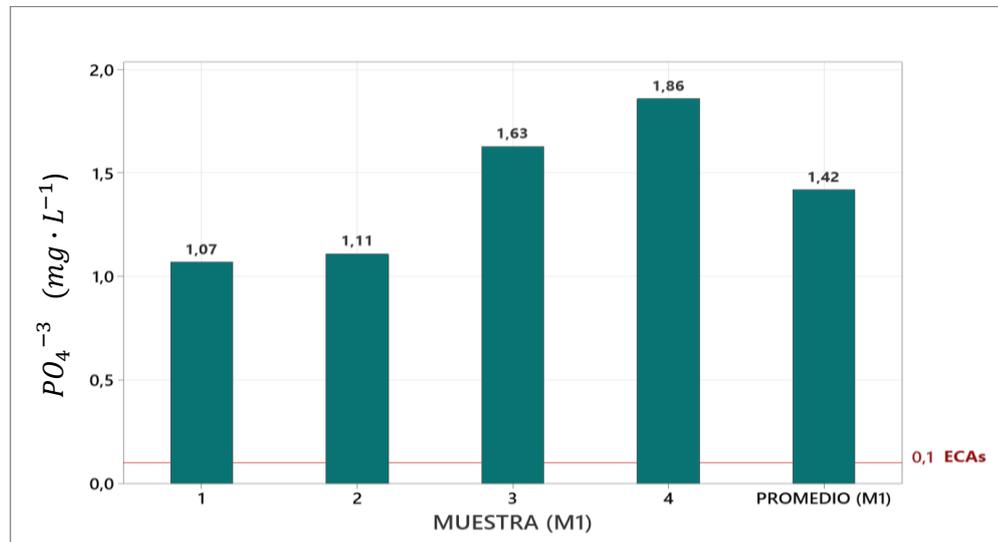
*Parámetro físico químico del Oxígeno disuelto ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite.*



En la Figura 8, se aprecia la evaluación del parámetro químico de Fosfatos  $\text{PO}_4^{-3}(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$  presente en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite (M1); las evaluaciones realizadas en las cuatro fechas de muestreo se tiene el valor promedio de  $1,42 (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$ , valor que está por encima de la concentración de  $0,1 (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$  establecido como límite máximo permisible (LMP) y Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs); las concentraciones de fosfatos tienen una mínima cantidad superior al LMP y a los ECAs establecidos; estas concentraciones posiblemente se deben al nivel de vertimientos de aguas contaminadas por aguas residuales urbanas con contenido de detergentes debido a que los fosfatos se añaden a los detergentes para contrarrestar la dureza del agua y maximizar la eficacia de la limpieza (Pérez, 2017), el contenido de fosfatos influyen en la calidad del agua del pozo en estudio; por lo tanto el agua natural del pozo subterráneo en estudio es no apto para el consumo humano y por lo tanto, requiere su tratamiento.

**Figura 8**

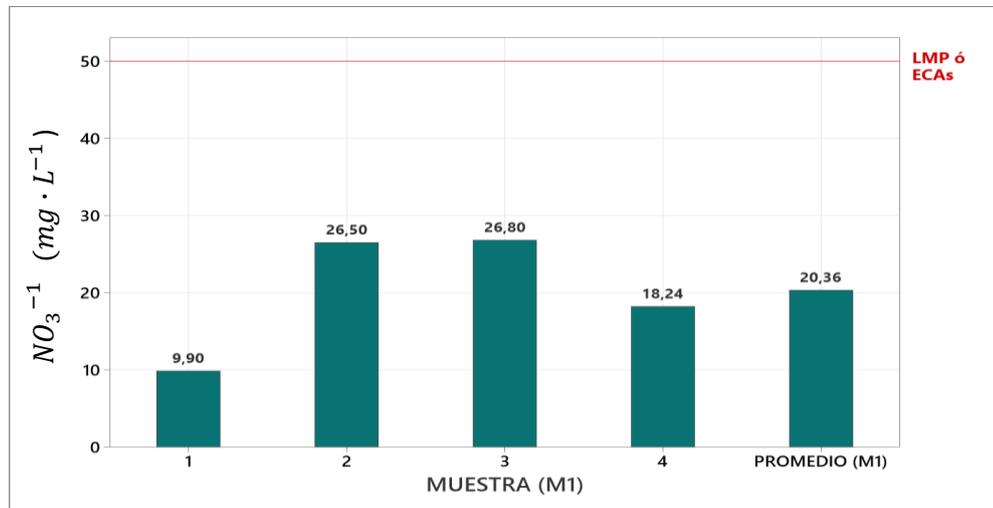
*Parámetro químico de Fosfatos  $PO_4^{-3}$  ( $mg \cdot L^{-1}$ ), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite.*



En la Figura 9, se aprecia la evaluación del parámetro químico de Nitratos  $NO_3^{-1}$  ( $mg \cdot L^{-1}$ ), presentes en el agua natural del pozo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite (M1); las evaluaciones realizadas en las cuatro fechas de muestreo reporten un promedio de 20,36 ( $mg \cdot L^{-1}$ ), este valor se encuentra por debajo de la concentración de 50 ( $mg \cdot L^{-1}$ ), establecido como el Límite máximo permisible (LMP) y el valor máximo permitido del Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs), por lo tanto el agua natural es apto para el consumo humano.

**Figura 9**

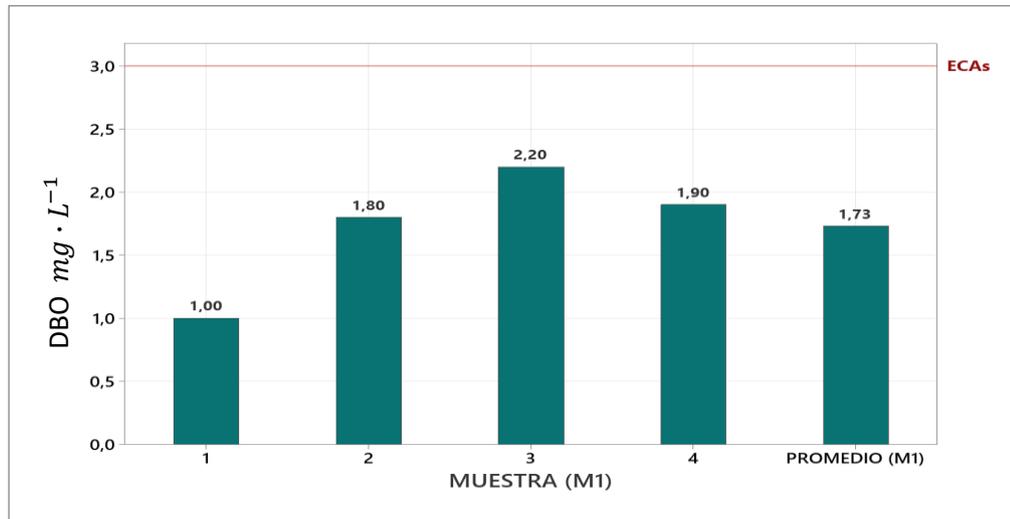
*Parámetro químico de Nitratos  $\text{NO}_3^{-1}$  ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite.*



En la Figura 10, se reporte la evaluación del parámetro DBO ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) en el agua del pozo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite (M1); de las evaluaciones realizadas en las cuatro fechas de muestreo se tiene el valor promedio de  $1,75$  ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), medida que está por debajo del valor  $3$  ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), concentración establecido como el valor máximo permitido por el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs), estas concentraciones de la DBO, indican que las aguas naturales del pozo en estudio tienen mínima concentración de contaminantes orgánicos biodegradables (Miranda, 2012), por lo tanto el agua natural es apto para consumo humano.

**Figura 10**

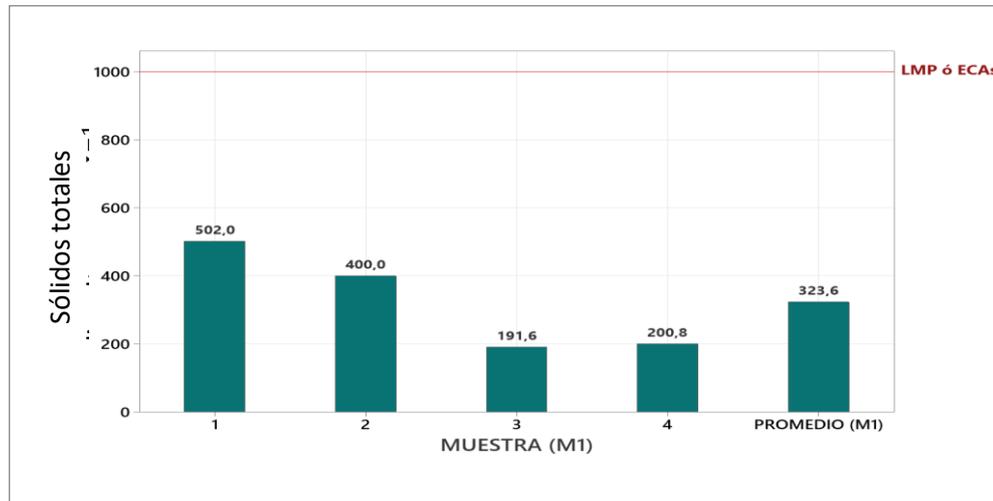
*Parámetro de la demanda biológica de oxígeno DBO ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite*



En la Figura 11, se reporta la evaluación del parámetro de los Solidos totales disueltos ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) en el agua natural del pozo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite (M1); de las evaluaciones realizadas en las cuatro fechas de muestreo se tiene el valor promedio de 323,6 ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), medida que está por debajo de la concentración de 1 000 ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) establecido como el Límite máximo permisible (LMP) y el valor permitido en el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs); por lo tanto, el agua natural del pozo en estudio es apto para consumo humano.

**Figura 11**

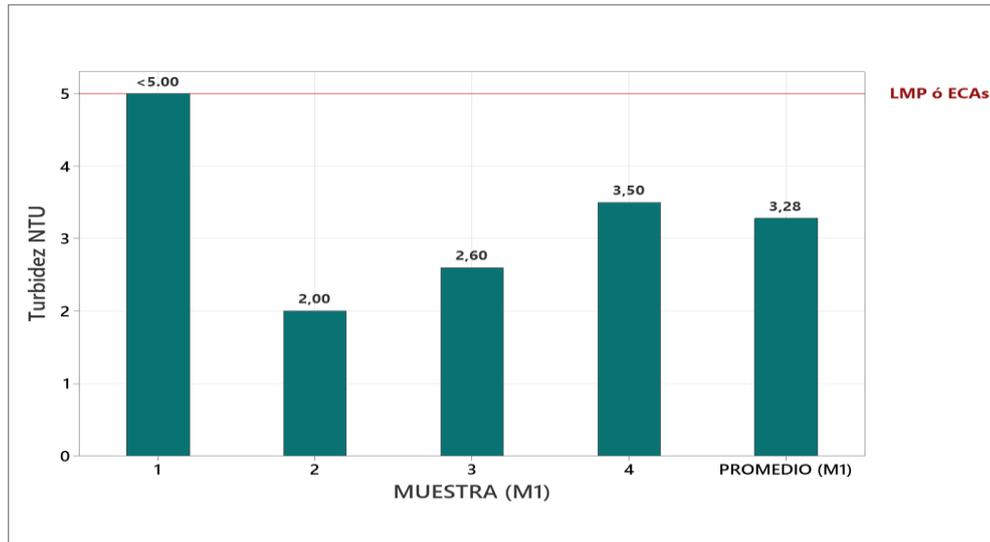
*Parámetro de Sólidos totales disueltos ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite.*



En la Figura 12, se reporta el análisis del parámetro de Turbidez (NTU), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite (M1); de las evaluaciones realizadas en las cuatro fechas de muestreo se tiene el valor promedio de 3,28 (NTU), esta evaluación está por debajo del valor  $< 5,00$  (NTU), que es la concentración establecido por el Límite máximo permisible (LMP) y por el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs), por lo tanto, el agua natural es apto para consumo humano.

**Figura 12**

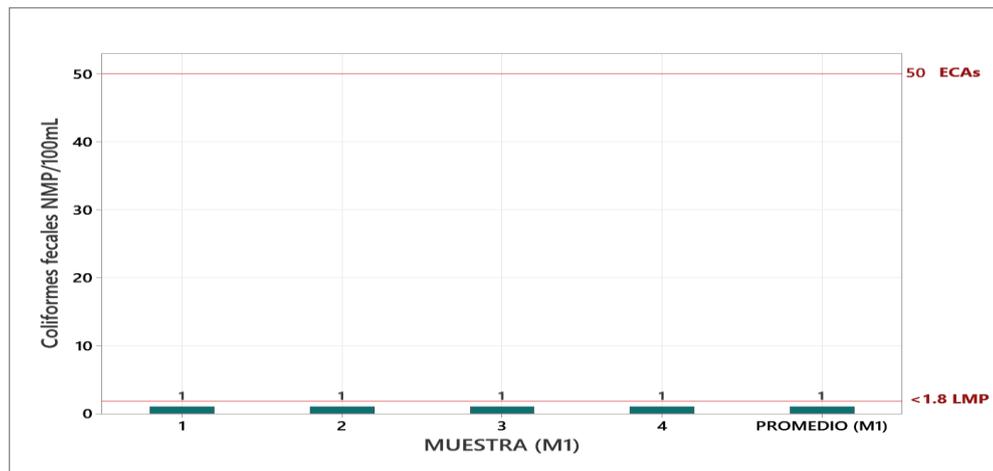
*Parámetro de Turbidez NTU, en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite.*



En la Figura 13, se tiene el análisis del parámetro de Coliformes fecales (NMP/100mL), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite (M1); de las evaluaciones realizadas en las cuatro fechas de muestreo se reporta el valor promedio de 01 (NMP/100mL), valor que está por debajo de (< 1,8 NMP/100mL) establecido por el Límite máximo permisible (LMP) y del valor de (50 NMP/100mL) establecido por el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs), por lo tanto, el agua natural es apto para consumo humano.

**Figura 13**

*Parámetro Microbiológico de Coliformes fecales (NMP/100mL), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite.*



La Tabla 18 muestra los resultados de las evaluaciones de los parámetros físico químicos y bacteriológico de agua de pozo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604, codificado con el punto de muestreo (M2), en la cual los parámetros físico químicos de pH, temperatura, DBO, sólidos totales disueltos y la turbidez, no sobrepasan los LMP y los ECAs; por lo tanto, de acuerdo a las evaluaciones de los parámetros citados, el agua natural de pozo del subsuelo es apto para consumo humano y esta puede ser potabilizada según recomendaciones para la sub categoría A1, con proceso de desinfección. Mientras que los resultados de evaluación del parámetro de oxígeno disuelto (OD) tiene valores menores al LMP y al ECAs, los nitratos y los fosfatos reportan valores que sobrepasan al LMP y al ECAs, por lo tanto, debido a la evaluación de estos tres parámetros estas aguas requieren tratamiento para ser aptas para consumo humano. Respecto a la evaluación del parámetro bacteriológico de coliformes fecales, estas se encuentran con valores menores y por debajo de los LMP y del ECAs; por lo tanto, por la evaluación del parámetro bacteriológico de coliformes fecales, estas son aguas aptas para consumo humano.

**Tabla 18**

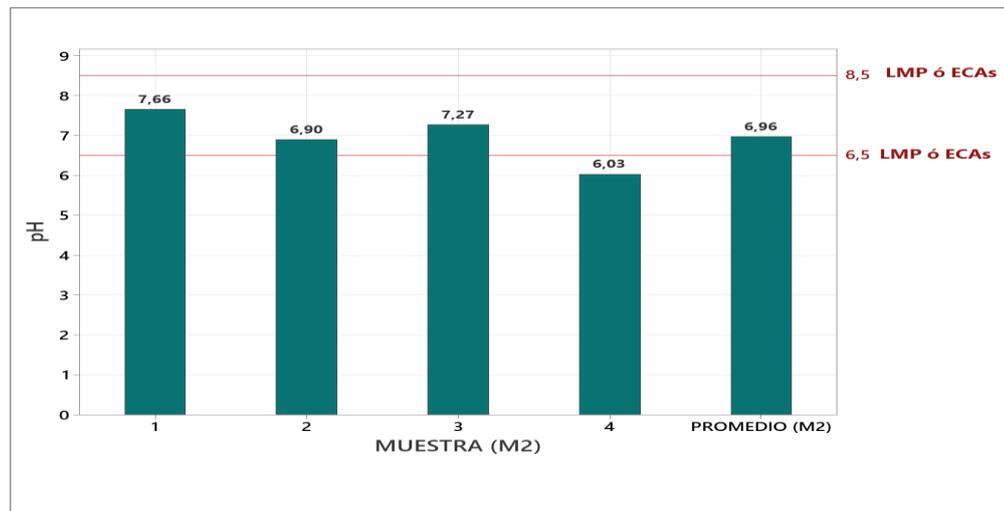
*Limites Máximo Permisible (LMP) y Estándares de Calidad de Aguas (ECAs) de parámetros físico químicos y bacteriológico del agua de pozo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604(M2)*

CARACTERISTICAS		MUESTRAS				LMP	ECAs
Parámetros - Subi	Unidad	1	2	3	4	DS.031-2010-SA	DS.004-2017-MINAM.
		30/05/2022	23/06/2022	24/08/2022	03/01/2023		
pH		7,66	6,90	7,27	6,03	6,5-8,5	6,5-8,5
Temperatura	°C	14,00	14,00	15,00	15,00		Δc° 3
Oxígeno disuelto	mg· L <sup>-1</sup>	3,09	3,80	3,70	3,60		>= 6
Fosfatos como PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg· L <sup>-1</sup>	1,86	1,22	1,03	1,02		0,1
Nitratos como NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	mg· L <sup>-1</sup>	14,50	52,80	50,80	50,50	50	50
DBO	mg· L <sup>-1</sup>	1,70	1,00	1,35	1,60		3
Solidos totales disueltos	mg· L <sup>-1</sup>	778,00	700,00	264,00	250,00	1 000	1 000
Turbidez	NTU	< 5	0,15	0,11	0,49	5	5
Coliformes fecales	NMP/100mL	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,8	50

Del análisis del parámetro físico, de pH (Potencial de Hidrógeno) de aguas del pozo subterráneo, de la Institución Educativa Primaria IEP 70604 (M2), que se muestra en la Figura 14; reportan las evaluaciones realizadas en las cuatro fechas de muestreo, dando a conocer el valor promedio de pH 6,96; resultado que cumple con el límite máximo permisible (LMP) y el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs), debido a que las aguas naturales del pozo subterráneo cumple con los valores de pH entre 6,5 a 8,0 que indica que las aguas son aptas para consumo humano (Coello, 2013), por lo tanto son aguas naturales aptas para consumo humano.

**Figura 14**

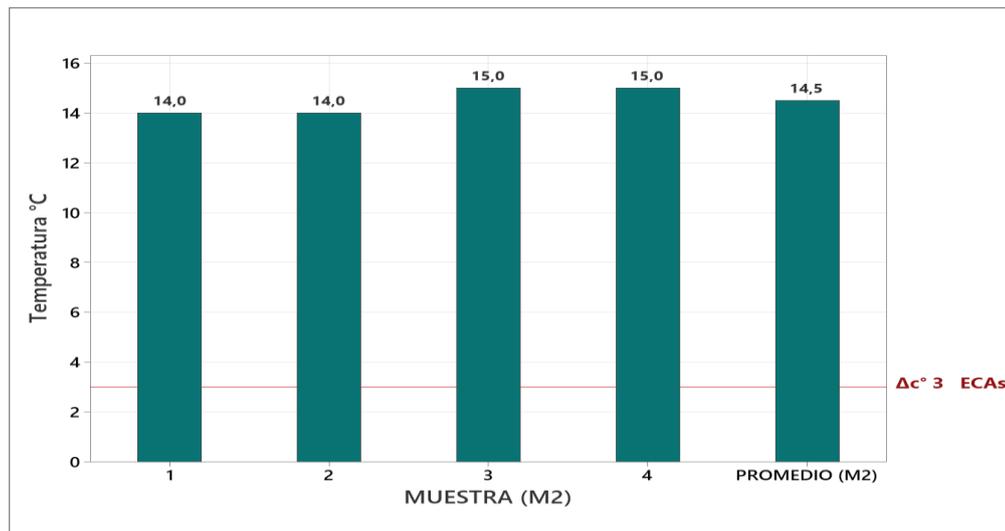
*Evaluación del parámetro de pH (Potencial de Hidrógeno), de aguas naturales del pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604.*



El análisis del parámetro temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) que se reporta en la Figura 15, del agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604 (M2), las evaluaciones realizadas en las cuatro fechas de muestreo reporta un valor promedio de  $14,5^{\circ}\text{C}$ , que está por encima de  $\Delta c^{\circ} 3$  establecido como apto por el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs) por lo tanto, estas aguas naturales cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs), consecuentemente el agua natural es apta para el consumo humano. Curo (2017), En su estudio sobre la calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de pozos con fines para consumo humano, la evaluación en cuatro parcialidades en el distrito de Huata provincia de Puno, reporta que los parámetros de ph son en promedio 6,9 a 7,8 valores que indican, que las aguas de pozos se encuentran aptas para el consumo humano de acuerdo a los (ECAs) que consideran de Ph de 6,5 a 8,5.

**Figura 15**

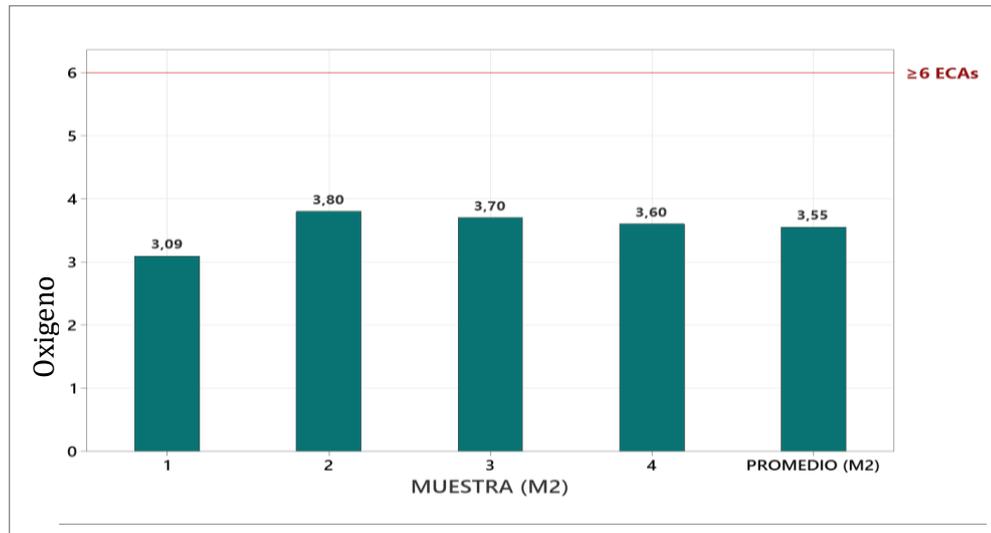
*Parámetro Temperatura °C, de aguas naturales de pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604.*



El análisis del parámetro físico químico del Oxígeno disuelto ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), en aguas naturales del pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604 (M2), se muestra en la Figura 16; de las evaluaciones realizadas en las cuatro fechas de muestreo, se tiene el valor promedio de  $3,55 (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$ , medida está por debajo del valor ( $\geq 6$ ) establecido por el ECAs (Estándar de Calidad Ambiental para Agua) por lo tanto, el agua natural es no apto para consumo humano y requiere su tratamiento para incrementar la concentración del oxígeno disuelto (OD). El agua natural de concentraciones menores a  $2,5 \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  de (OD), son aguas de zonas anaerobias con tendencia a la presencia de malos olores por acumulación de gases comprometedoras para la salud del consumidor. (Miranda, 2012).

**Figura 16**

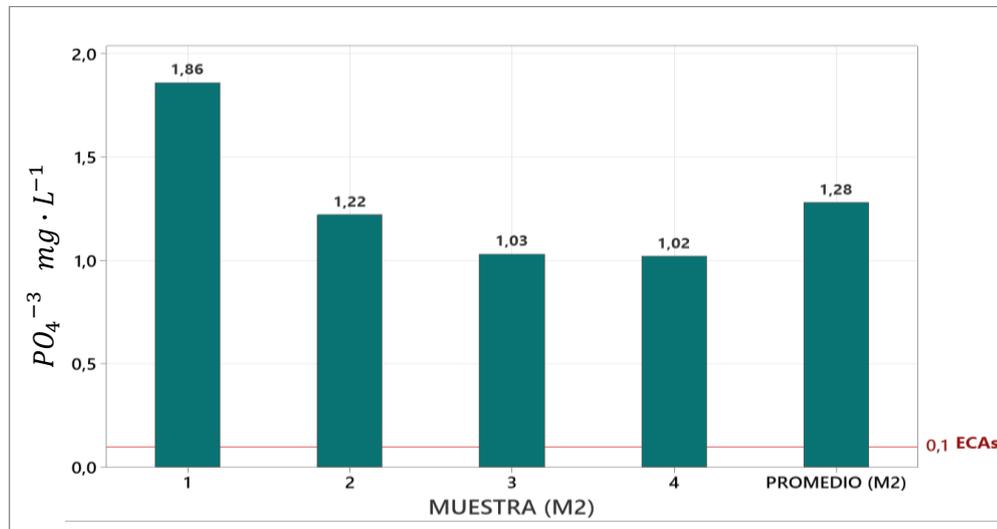
*Parámetro físico químico del Oxígeno disuelto ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604.*



En la figura 17, se reporta la evaluación del parámetro químico, de Fosfatos  $\text{PO}_4^{-3}$  ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604 (M2); la evaluación realizada de las cuatro fechas de muestreo, reporta el valor promedio de  $1,28$  ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), concentración que está por encima del valor de  $0,1$  ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) del límite máximo permisible (LMP) y del Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs), estas concentraciones superiores al LMP y al ECAs, se deben a niveles de vertimiento de aguas residuales urbanas con aporte de compuestos de fosfatos que se añaden a los detergentes para contrarrestar la dureza del agua y maximizar la eficacia de la limpieza y estas soluciones de detergentes por infiltración contaminan las fuentes de aguas naturales próximas al pozo en estudio (Pérez, 2017); por lo tanto el agua natural es no apto para consumo humano y requiere su tratamiento.

**Figura 17**

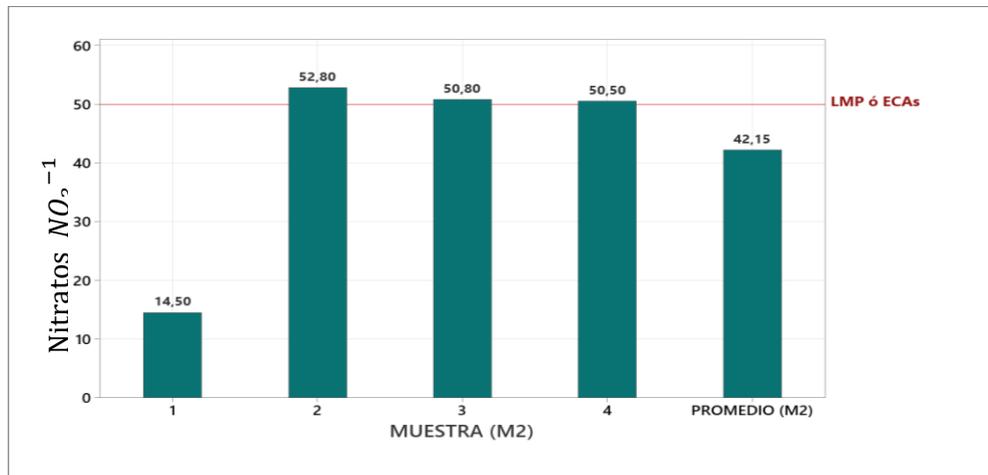
*Parámetro químico de Fosfatos  $PO_4^{-3}$  ( $mg \cdot L^{-1}$ ), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604.*



En la Figura 18, se tiene el análisis del parámetro químico de Nitratos  $NO_3^{-1}$  ( $mg \cdot L^{-1}$ ) en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604 (M2); las evaluaciones realizadas en las cuatro fechas de muestreo reporta el valor promedio de 42,15 ( $mg \cdot L^{-1}$ ); esta concentración se encuentra medianamente inferior a la concentración de 50 ( $mg \cdot L^{-1}$ ) del Límite máximo permisible (LMP) y del Estándar de la Calidad Ambiental para Agua (ECAs), por lo tanto el agua natural es apto para el consumo humano. El aporte de Nitratos en el agua se debe a las posibles infiltraciones de flujo de aguas contaminadas por urea originado por la evacuación de orinas procedentes de pozos sépticos del entorno del área de estudio (Santa Cruz, 2014).

**Figura 18**

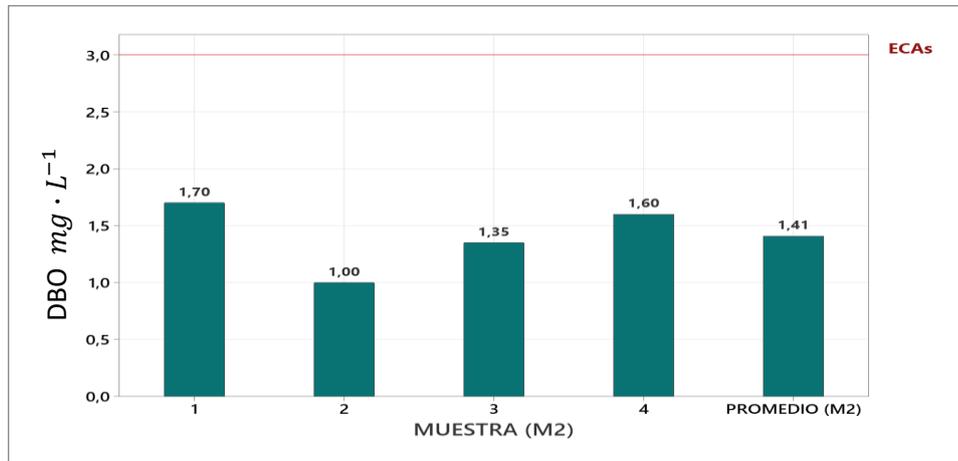
*Parámetro químico de Nitratos  $\text{NO}_3^{-1}$  ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604.*



En la Figura 19, se tiene el análisis del parámetro DBO ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), en aguas del pozo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604 (M2), de las evaluaciones realizadas en las cuatro fechas de muestreo, se tiene el valor promedio de 1,41 ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), medida que está por debajo del valor de 3 ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), establecido por el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs); estas concentraciones de la DBO, indican que las aguas naturales del pozo en estudio tiene mínima concentración de contaminantes orgánicos biodegradables (Miranda, 2012) por lo tanto, el agua natural, es apto para consumo humano.

**Figura 19**

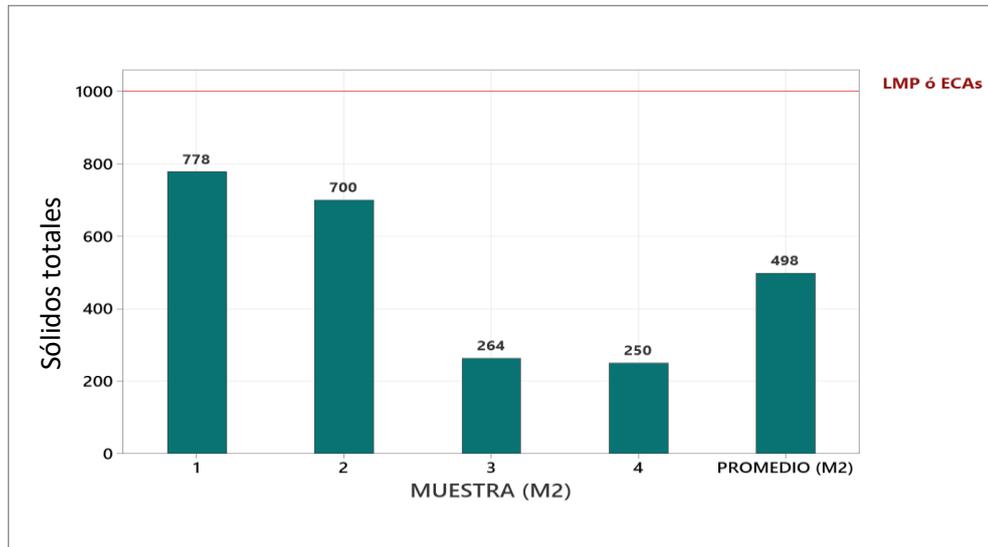
*Parámetro de la demanda biológica de oxígeno DBO ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604.*



En la Figura 20, se aprecia el análisis estadístico descriptivo, del parámetro de Sólidos totales disueltos ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604 (M2); de las evaluaciones realizadas en las cuatro fechas de muestreo se tiene el valor promedio de 498 ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), medida que está por debajo del valor de 1 000 ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) establecido por el Límite máximo permisible (LMP) y el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs); por lo tanto el agua natural es apto para consumo humano.

**Figura 20**

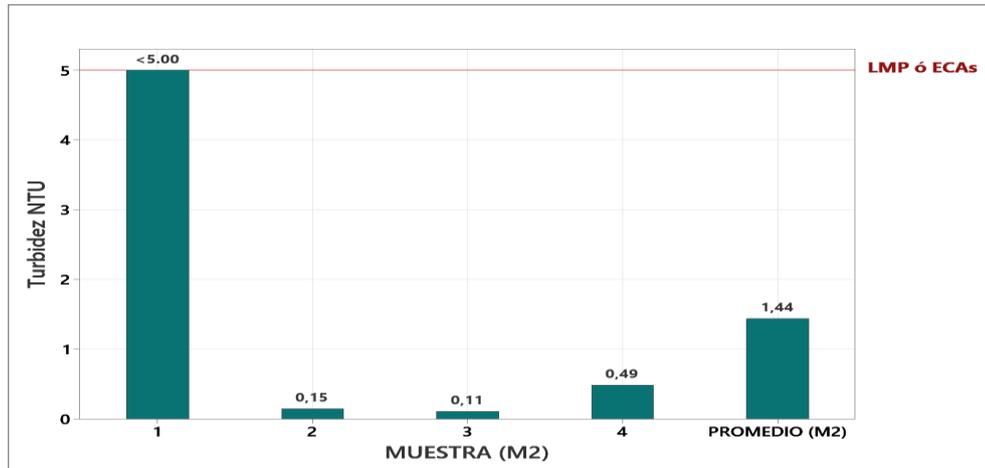
*Parámetro de Sólidos totales disueltos ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604.*



En la Figura 21, se tiene el análisis del parámetro de Turbidez (NTU), en el agua natural del pozo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604 (M2); de las evaluaciones realizadas en las cuatro fechas de muestreo se tiene el valor promedio de 1,44 (NTU), esta medida es menor al valor de  $< 5,00$  (NTU), establecido por el Límite máximo permisible (LMP) y el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs) por lo tanto, el agua natural es apto para consumo humano.

**Figura 21**

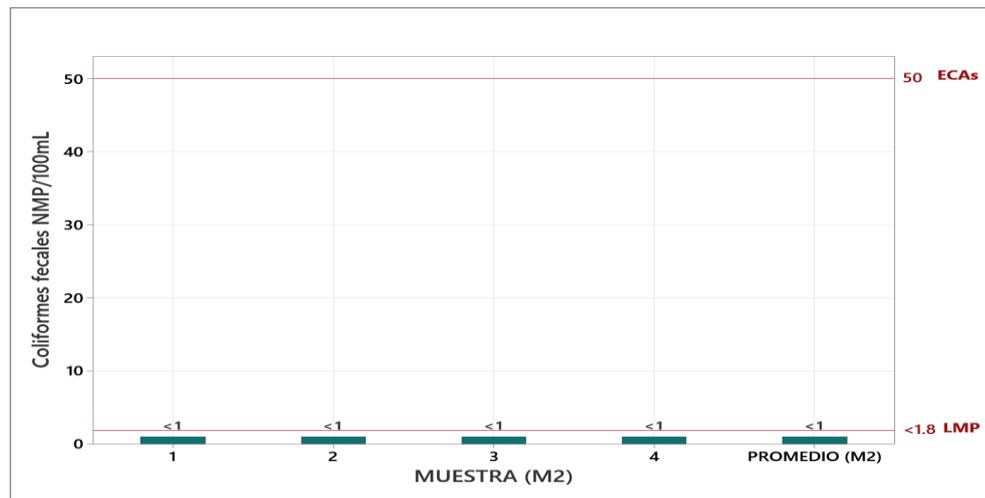
*Parámetro de Turbidez NTU, en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604.*



En la Figura 22, se reporta el análisis del parámetro de Coliformes fecales (NMP/100mL) en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604 (M2); de las evaluaciones realizadas en las cuatro fechas de muestreo se tiene el valor promedio de 01 (NMP/100mL), concentración que es inferior al valor de ( $< 1,8$  NMP/100mL), establecido por el Límite máximo permisible (LMP) y menor al valor de (50 NMP/100mL) establecido por el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs); por lo tanto, el agua natural es apto para consumo humano.

**Figura 22**

*Parámetro Microbiológico de Coliformes fecales (NMP/100mL), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604.*



La Tabla 19 muestra los resultados de la evaluación de los parámetros físico químicos y bacteriológico de agua de pozo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega, en la cual los parámetros físico químicos de pH, temperatura, nitratos, DBO, sólidos totales disueltos y la turbidez, no sobre pasan los valores del LMP y de los ECAs; por lo tanto esta agua natural del pozo en estudio son aptos para consumo humano; mientras que los resultados de la evaluación de los parámetros de oxígeno disuelto (OD) tienen valores menores al LMP y al ECAs; los fosfatos reportan valores que sobre pasan al LMP y al ECAs por lo tanto, debido a la evaluación de estos dos parámetros estas aguas son no aptas para consumo humano y que pueden ser tratadas por medios físico-químicos y potabilizadas con procesos desinfección a la Categoría (A1) que indica el D.S. 004-2017-MINAM. Respecto a la evaluación del parámetro bacteriológicos de coliformes fecales, estas se encuentran con valores menores e inferiores a los LMP y al ECAs; por lo tanto, por la evaluación de los parámetro bacteriológico de coliformes fecales son aguas aptas para consumo humano.

**Tabla 19**

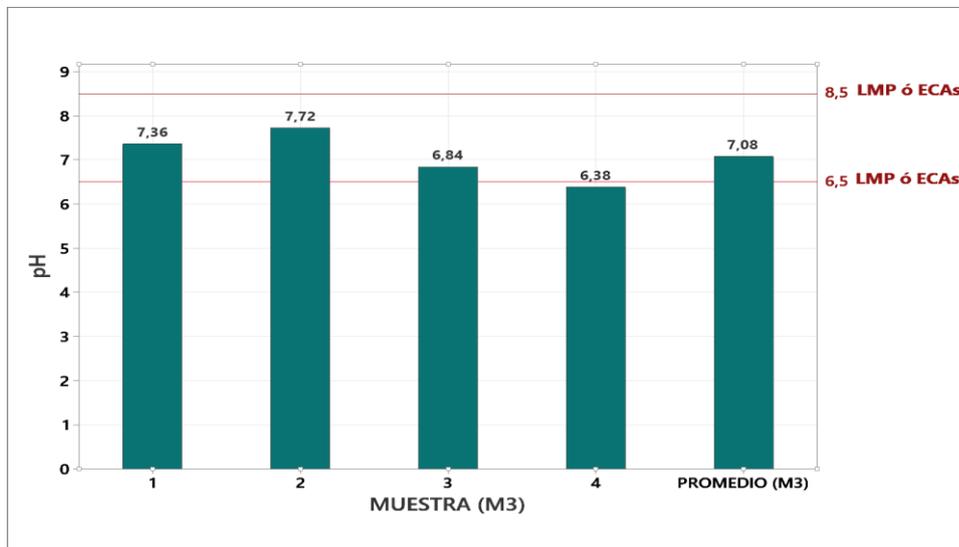
*Limites Máximo Permisible (LMP) y Estándares de Calidad de Aguas (ECAs) de parámetros físico químicos y bacteriológico del agua de pozo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega (M3)*

CARACTERISTICAS		MUESTRAS				LMP	ECAs
Parámetros - Subi	Unidad	1	2	3	4	DS.031-2010-SA	DS.004-2017-MINAM.
		30/05/2022	23/06/2022	24/08/2022	03/01/2023		
pH		7,36	7,72	6,84	6,38	6,5-8,5	6,5-8,5
Temperatura	°C	14,00	14,00	14,00	15,00		Δc° 3
Oxígeno disuelto	mg· L <sup>-1</sup>	1,64	2,70	2,90	3,02		≥ 6
Fosfatos como PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg· L <sup>-1</sup>	1,39	1,92	1,20	1,16		0,1
Nitratos como NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	mg· L <sup>-1</sup>	9,10	40,01	30,90	20,30	50	50
DBO	mg· L <sup>-1</sup>	1,30	1,70	1,40	2,00		3
Solidos totales disueltos	mg· L <sup>-1</sup>	291,00	1 100,00	453,00	660,00	1 000	1 000
Turbidez	NTU	< 5	0,04	1,28	3,52	5	5
Coliformes fecales	NMP/100mL	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,8	50

El análisis del parámetro físico, de pH (Potencial de Hidrógeno) del agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega (M3), se muestra en la Figura 23, así mismo se reporta las evaluaciones realizadas en las cuatro fechas de muestreo, en el que se tiene el valor promedio de pH de 7,08 valor que cumple con el límite máximo permisible (LMP) y el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs), por lo tanto, estas aguas naturales del pozo subterráneo de esta Institución son aptas para consumo humano.

**Figura 23**

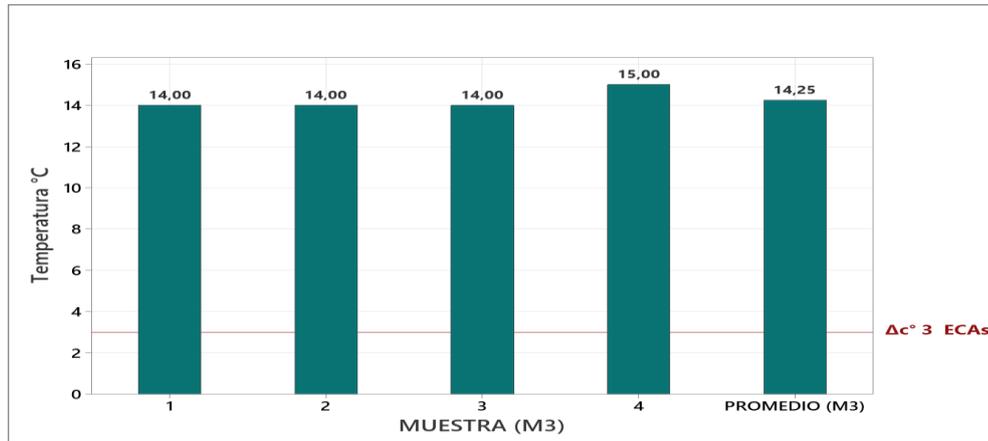
*Evaluación del parámetro de pH (Potencial de Hidrógeno), de aguas naturales del pozo subterráneo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega*



En la Figura 24 se reporta la evaluación del parámetro de Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), del agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega (M3), y de la evaluación de las cuatro fechas de muestreo se tiene el valor promedio de  $14,25^{\circ}\text{C}$ , medida que está por encima de  $\Delta\text{c}^{\circ} 3$ , del Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs); por lo tanto, los valores evaluados para el parámetro temperatura cumplen con el límite máximo permisible (LMP) y el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs) y esta agua natural del pozo subterráneo de esta Institución Educativa, es apta para consumo humano. Curo (2017), En su estudio sobre la calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de pozos con fines para consumo humano, la evaluación en cuatro parcialidades en el distrito de Huata provincia Puno, reporta que los parámetros de pH son en promedio de 6,9 a 7,8 valores que indican, que las aguas de pozos se encuentran aptas para el consumo humano de acuerdo a los (ECAs) que consideran de pH de 6,5 a 8,5.

**Figura 24**

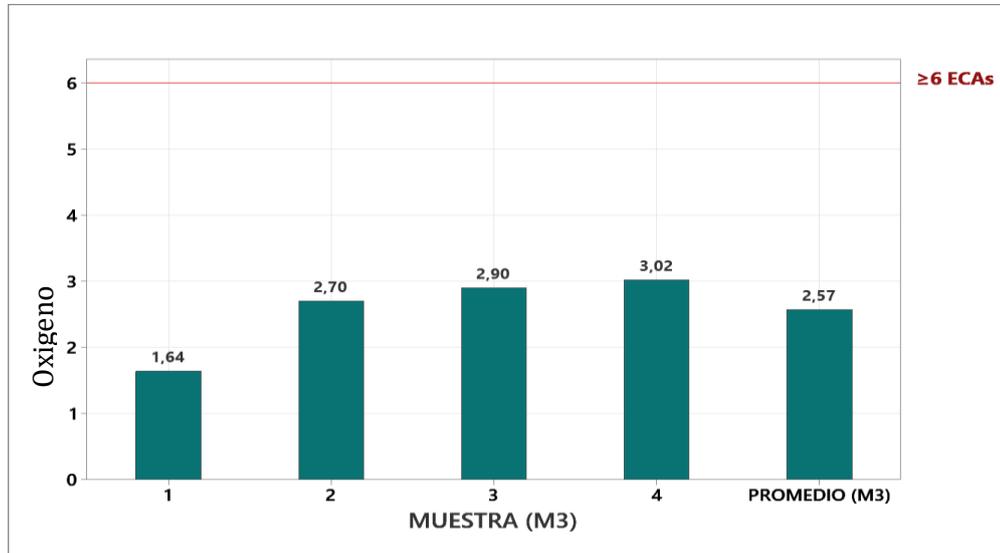
*Parámetro Temperatura °C, de aguas naturales de pozo subterráneo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega.*



El análisis del parámetro físico químico del Oxígeno disuelto ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), en las aguas naturales del pozo subterráneo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega (M3), se expone en la Figura 25 y las evaluaciones realizadas en las cuatro fechas de muestreo, muestra el valor promedio de  $2,57 (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$ , medida que está por debajo del valor de ( $\geq 6$ ) que es establecido por el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs) por lo tanto, el agua natural del pozo subterráneo de esta Institución Educativa es no apto para consumo humano y requiere su tratamiento.

**Figura 25**

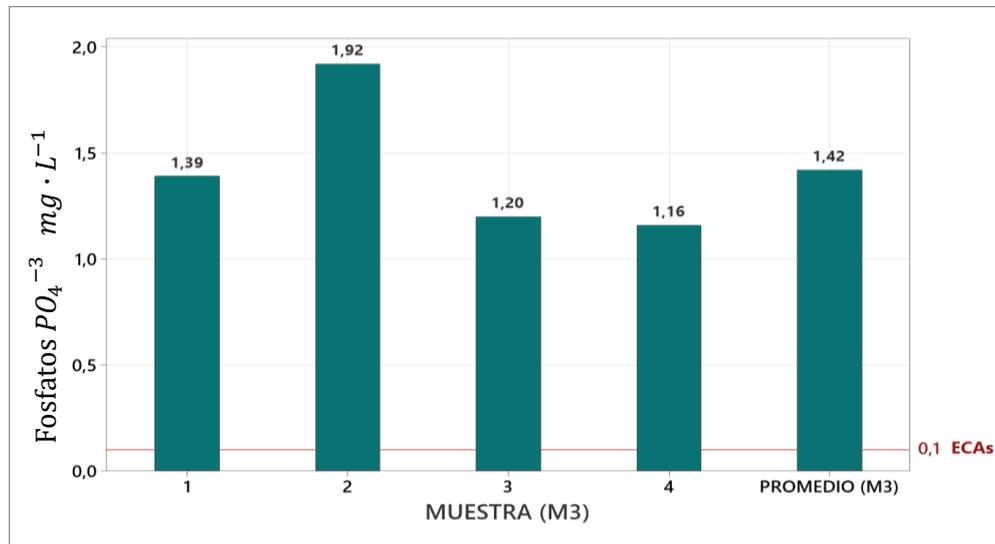
*Parámetro físico químico del Oxígeno disuelto ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega.*



En la Figura 26, se muestra la evaluación del parámetro químico de Fosfatos  $\text{PO}_4^{-3}$  ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega (M3); así mismo se muestra las evaluaciones realizadas en las cuatro fechas de muestreo, del que se tiene el valor promedio de 1,42 ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), valor que es superior a 0,1 ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) que viene a ser el límite máximo permisible (LMP) y el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs); las concentraciones de fosfatos evaluadas en el agua natural del pozo subterráneo de esta Institución Educativa son superiores al LMP y a los ECAs establecidos, posiblemente se deben al origen de vertimientos de aguas residuales urbanas con contenido de detergente que contiene fósforo para contrarrestar la dureza del agua y maximizar la eficacia de la limpieza y por medio de filtración son alterados en la calidad del agua del pozo en estudio (Pérez, 2017; Miranda, 2012); por lo tanto el agua natural es no apto para el consumo humano y requiere su tratamiento.

**Figura 26**

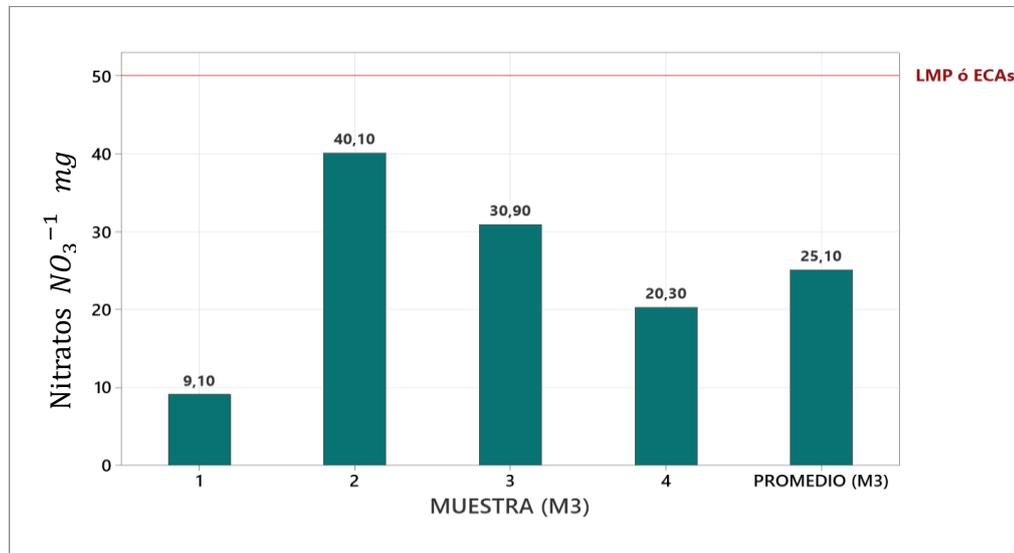
*Parámetro químico de Fosfatos  $PO_4^{-3}$  ( $mg \cdot L^{-1}$ ), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega.*



En la Figura 27, se expone los resultados del análisis de la concentración del parámetro de Nitratos  $NO_3^{-1}$  ( $mg \cdot L^{-1}$ ), en el agua natural del pozo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega (M3); las evaluaciones realizadas en las cuatro fechas de muestreo muestran un promedio de 25,10 ( $mg \cdot L^{-1}$ ), valor que se encuentra inferior a la concentración de 50 ( $mg \cdot L^{-1}$ ) establecido para el Límite máximo permisible (LMP) y el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs), por lo tanto el agua natural es apto para el consumo humano.

**Figura 27**

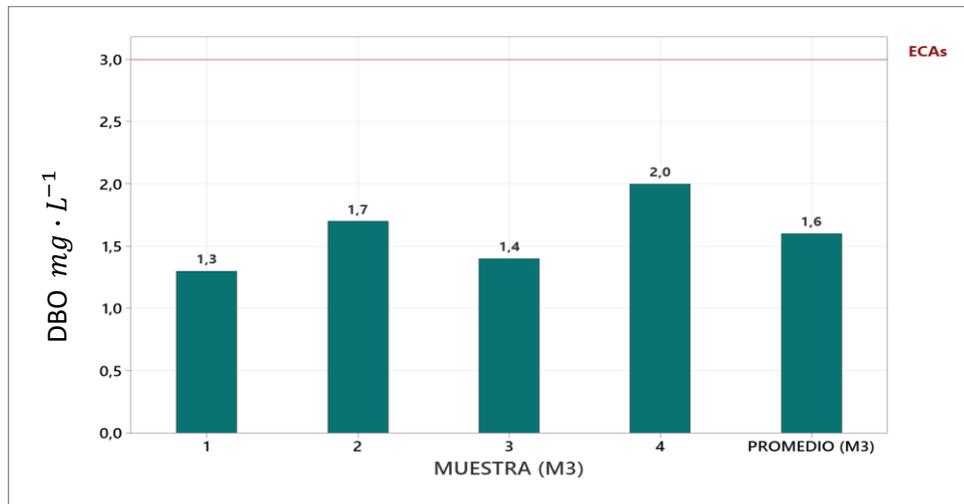
*Parámetro químico de Nitratos  $\text{NO}_3^{-1}$  ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega.*



En la Figura 28, se muestra la evaluación del parámetro de la DBO ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) en aguas del pozo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega (M3); de las evaluaciones realizadas en las cuatro fechas de muestreo se tiene el valor promedio de la DBO de  $1,6$  ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), resultado que inferior al valor de  $3$  ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) establecido por el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs); por lo tanto, estas concentraciones de la DBO, indican que las aguas naturales del pozo en estudio tiene mínima concentración de contaminantes orgánicos biodegradables (Miranda, 2012); por lo tanto, el agua natural, es apto para consumo humano.

**Figura 28**

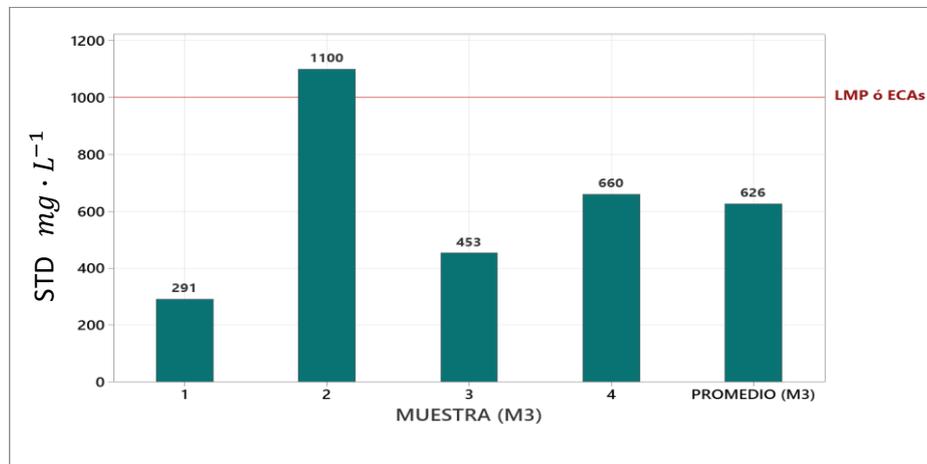
*Parámetro de demanda biológica de oxígeno DBO ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega.*



En la Figura 29, se tiene la evaluación del parámetro de Solidos totales disueltos STD ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) en el agua natural del pozo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega (M3); de las evaluaciones realizadas en las cuatro fechas de muestreo se tiene el valor promedio de 626 ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ); medida que es inferior al valor de 1 000 ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) establecido por el Límite máximo permisible (LMP) y el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs); por lo tanto el agua natural es apto para consumo humano.

**Figura 29**

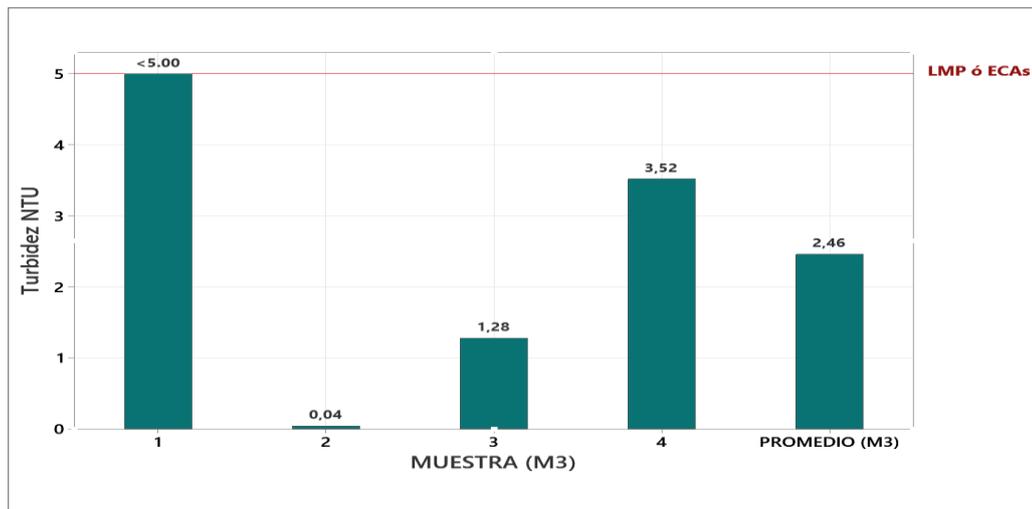
*Parámetro de Sólidos totales disueltos ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Primaria IEP 70604.*



En la Figura 30, se tiene la evaluación del parámetro de Turbidez (NTU) en el agua natural del pozo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega (M3); de las evaluaciones realizadas en las cuatro fechas de muestreo se tiene el valor promedio de 2,46 (NTU), esta medida es inferior al valor de 5,00 (NTU), valor que es establecido para el Límite máximo permisible (LMP) y del Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs), por lo tanto el agua natural es apto para consumo humano.

**Figura 30**

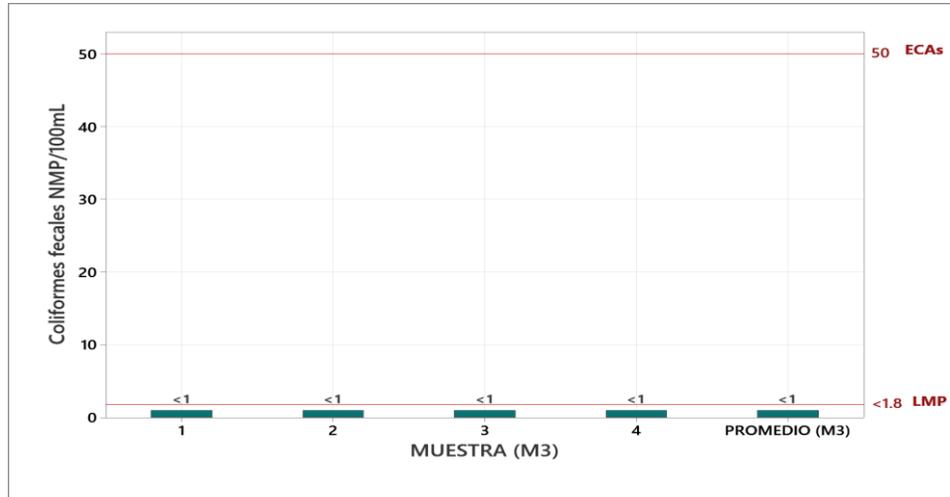
*Parámetro de Turbidez NTU, en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega.*



En la Figura 31, se reporta la evaluación del parámetro de Coliformes fecales (NMP/100mL) en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega (M3); de las evaluaciones realizadas en las cuatro fechas de muestreo, se tiene el valor promedio de 01 (NMP/100mL), esta concentración es inferior al valor de ( $< 1,8$  NMP/100mL), establecido como Límite máximo permisible (LMP) y al valor de (50 NMP/100mL) establecido por el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECAs), por lo tanto, el agua natural es apto para consumo humano.

**Figura 31**

*Parámetro Microbiológico de Coliformes fecales (NMP/100mL), en el agua natural del pozo subterráneo de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega.*



#### **4.1.2. Evaluación del índice de calidad de agua (ICA-NSF) mediante resultados de parámetros físico químicos y bacteriológico del agua de los tres puntos de muestreo.**

Para la evaluación del índice de calidad de agua (ICA-NSF), por el Método de la Fundación de Sanidad Nacional de los EE. UU (ICA-NSF-USA), en la Tabla 20, 21 y 22 se muestran los resultados de análisis de los nueve parámetros físico químicos y bacteriológico del agua, de los tres puntos de muestreo, para la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite, Institución Educativa Primaria IEP 70604 e Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega.

Para determinar el porcentaje real de saturación de oxígeno disuelto en el agua, se emplea la Tabla 1. (Valores del porcentaje de saturación del oxígeno disuelto en el Agua [Cs. OD] a diferentes temperaturas), como ejemplo podemos citar que a la temperatura promedio de 15 °C, la saturación de oxígeno en el agua le corresponde la concentración de 10,1 mg·L<sup>-1</sup>; para la temperatura promedio de 14 °C, la saturación de oxígeno le corresponde el valor de 10,3 mg·L<sup>-1</sup>; y teniendo estos valores se calcula el porcentaje de saturación según la ecuación 3:



$$\% \text{ Saturación del OD.} = \frac{\text{OD (Determinado)}}{10,10} \times 100 \quad (3)$$

Como ejemplo, citaremos la evaluación de oxígeno disuelto (OD) para la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite, que en fecha 30/05/2022, se tiene la determinación del Oxígeno Disuelto (OD) de 3,70 mg· L<sup>-1</sup>, a la temperatura de 15°C; para este valor le corresponde el valor de Saturación de Oxígeno de 10,10 mg· L<sup>-1</sup> y el % de Saturación del OD, es evaluado por la formula (3):

$$\% \text{ Saturación del OD.} = \frac{3,70}{10,10} \times 100 = 36,63\%$$

**Tabla 20**

*Parámetros físico químicos y bacteriológico del agua para determinar el índice de calidad de agua (ICA-NSF) de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite*

PUNTO DE MUESTREO 1. (M1). Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite						
CARACTERISTICAS			MUESTRAS			
Parámetros - Sub <sub>i</sub>	Unidad	Wi	1	2	3	4
Muestras:			30/05/2022	23/06/2022	24/08/2022	03/01/2023
pH		0,12	8,20	7,66	7,38	6,45
Temperatura	°C	0,10	15,00	14,00	15,00	15,00
Oxígeno disuelto	% Sc*	0,17	36,63	26,21	37,62	38,61
Fosfatos como PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg· L <sup>-1</sup>	0,10	1,07	1,11	1,63	1,86
Nitratos como NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	mg· L <sup>-1</sup>	0,10	9,90	26,50	26,80	18,24
DBO	mg· L <sup>-1</sup>	0,10	1,00	1,80	2,20	1,90
Solidos totales disueltos	mg· L <sup>-1</sup>	0,08	502,00	400,00	191,60	200,80
Turbidez	NTU	0,08	< 5	2,00	2,60	3,50
Coliformes fecales	NMP/100mL	0,15	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00

% Sc\* = % De Saturación de Oxígeno disuelto en el agua.

**Tabla 21**

*Parámetros físico químicos y bacteriológico del agua para determinar el índice de calidad de agua (ICA-NSF) de la Institución Educativa Primaria IEP 70604*

PUNTO DE MUESTREO 2. (M2). Institución Educativa Primaria IEP 70604						
CARACTERISTICAS			MUESTRAS			
Parámetros - Sub <sub>i</sub>	Unidad	W <sub>i</sub>	1	2	3	4
Muestras:			30/05/2022	23/06/2022	24/08/2022	03/01/2023
pH		0,12	7,66	6,90	7,27	6,03
Temperatura	°C	0,10	14,00	14,00	15,00	15,00
Oxígeno disuelto	% Sc*	0,17	15,92	26,21	28,71	29,90
Fosfatos como PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg· L <sup>-1</sup>	0,10	1,86	1,22	1,03	1,02
Nitratos como NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	mg· L <sup>-1</sup>	0,10	14,50	52,80	50,80	50,50
DBO	mg· L <sup>-1</sup>	0,10	1,70	1,00	1,35	1,60
Solidos totales disueltos	mg· L <sup>-1</sup>	0,08	778,00	700,00	264,00	250,00
Turbidez	NTU	0,08	< 5	0,15	0,11	0,49
Coliformes fecales	NMP/100mL	0,15	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00

% Sc\* = % De Saturación de Oxígeno disuelto en el agua.

**Tabla 22**

*Parámetros físico químicos y bacteriológico del agua para determinar el índice de calidad de agua (ICA-NSF) Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega*

PUNTO DE MUESTREO 3. (M3). Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega						
CARACTERISTICAS			MUESTRAS			
Parámetros - Sub <sub>i</sub>	Unidad	W <sub>i</sub>	1	2	3	4
Muestras:			30/05/2022	23/06/2022	24/08/2022	03/01/2023
pH		0,12	7,36	7,72	6,84	6,38
Temperatura	°C	0,10	14,00	14,00	14,00	15,00
Oxígeno disuelto	% Sc*	0,17	15,92	26,21	28,15	29,90
Fosfatos como PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg· L <sup>-1</sup>	0,10	1,39	1,92	1,20	1,16
Nitratos como NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	mg· L <sup>-1</sup>	0,10	9,10	40,01	30,90	20,30
DBO	mg· L <sup>-1</sup>	0,10	1,30	1,70	1,40	2,00
Solidos totales disueltos	mg· L <sup>-1</sup>	0,08	291,00	1 100,00	453,00	660,00
Turbidez	NTU	0,08	< 5	0,04	1,28	3,52
Coliformes fecales	NMP/100mL	0,15	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00

% Sc\* = % De Saturación de Oxígeno disuelto en el agua.

Donde:

W<sub>i</sub>: Pesos relativos de ponderación asignados a cada parámetro (Sub<sub>i</sub>)



Sub<sub>i</sub>: Sub índice del parámetro i, del agua.

% Sc\* = % De Saturación de Oxígeno disuelto en el agua

#### **4.2. EVALUACIÓN DEL PRODUCTO PONDERADO DEL AGUA (Q) PARA SUBÍNDICES DE PARÁMETROS (i) DEL AGUA Y PESOS RELATIVOS DE PONDERACIÓN (Wi) PARA EL ICA-NSF**

La evaluación para determinar el producto ponderado del agua (Q), se realizó mediante cálculos de Interpolación gráfica, utilizando los valores de las concentraciones de los parámetros (Sub<sub>i</sub>) del agua que se ubican en la abscisa (X), los valores fueron determinados mediante análisis en laboratorio, y que estos se interpolan con la intersección de la curva del gráfico para cada parámetro (Sub<sub>i</sub>) y de esta manera se determina el producto ponderado del agua (Q) en ordenadas (Y). Los gráficos de las curvas, para los parámetros del agua (Sub<sub>i</sub>), son tomados de las fuentes de gráficos elaborados por la Fundación de Sanidad Nacional de los EE. UU (ICA-NSF-USA). Los resultados de la determinación de (Q) para cada parámetro (Sub<sub>i</sub>) elegido, son valores base para determinar el ICA-NSF, para cada punto de muestreo de la zona de estudio; los valores de interpolación se obtienen de las nueve graficas de las curvas de la (ICA-NSF-USA), seleccionado para cada parámetro del agua (Sub<sub>i</sub>); los resultados de interpolación se muestran en las Figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10.

En la Tabla 23 se tiene las diferentes concentraciones de los parámetros físico químicos y bacteriológico (Sub<sub>i</sub>) determinados en laboratorio, para el punto de muestreo del agua natural del pozo subterráneo (M1), que corresponde a la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite. Los diferentes valores de concentración en el agua fueron evaluados en las cuatro fechas de muestreo para cada parámetro y así mismo fueron contrastados por interpolación gráfica para cada uno de los parámetros del agua (Sub<sub>i</sub>),

evaluaciones que se utilizaron para obtener el valor promedio del producto ponderado del agua ( $Q$ ); los resultados determinados se exponen en la Tabla 24.

**Tabla 23**

*Evaluación del producto ponderado del agua ( $Q$ ) para parámetros ( $i$ ) del agua y pesos relativos de ponderación ( $W_i$ ) para el ICA-NSF de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite*

CARACTERISTICAS		MUESTRAS					
Parámetros – Sub <sub>i</sub>	Unidad Q	1	2	3	4	Q Promedio	W <sub>i</sub>
Muestras:		30/05/2022	23/06/2022	24/08/2022	03/01/2023		
pH	Q pH	78,20	91,00	92,60	71,50	83,33	0,12
Temperatura	Q T	9,90	14,10	9,90	9,90	10,95	0,10
Oxígeno disuelto	Q OD	27,60	19,10	27,50	28,50	25,67	0,17
Fosfatos como PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	Q PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	39,80	39,00	30,80	28,90	34,62	0,10
Nitratos como NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Q NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	50,10	30,10	29,50	39,85	37,39	0,10
DBO	Q DBO	91,00	86,10	79,80	85,20	85,53	0,10
Solidos totales disueltos	Q STD	32,00	48,10	73,50	70,80	56,10	0,08
Turbidez	Q NTU	87,50	92,00	90,60	89,20	89,83	0,08
Coliformes fecales	Q CF	97,00	97,00	97,00	97,00	97,00	0,15

**Tabla 24**

*Producto ponderado del agua ( $\bar{Q}$ ) promedio del punto de muestreo M1 - Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite*

Parámetros (Sub <sub>i</sub> )	$\bar{Q}$ promedio	
pH	Q pH	83,33
Temperatura	Q T	10,95
Oxígeno disuelto	Q OD	25,67
Fosfatos como PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	Q PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	34,62
Nitratos como NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Q NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	37,39
DBO	Q DBO	85,53
Solidos totales disueltos	Q STD	56,10
Turbidez	Q NTU	89,83
Coliformes fecales	Q CF	97,00

En la Tabla 25 se tiene las diferentes concentraciones de los parámetros físico químicos y bacteriológico (Sub<sub>i</sub>) determinados en laboratorio, para el punto de muestreo del agua natural

del pozo subterráneo (M2) que corresponde a la Institución Educativa Primaria IEP 70604. Los diferentes valores de concentración en el agua fueron evaluados en las cuatro fechas de muestreo para cada parámetro y así mismo fueron contrastados por interpolación gráfica para cada uno de los parámetros del agua ( $Sub_i$ ), evaluaciones que se utilizaron para obtener el valor promedio del producto ponderado del agua (Q); los resultados determinados se exponen en la Tabla 26.

**Tabla 25**

*Evaluación del producto ponderado del agua (Q) para parámetros (i) del agua y pesos relativos de ponderación ( $W_i$ ) para el ICA-NSF de la Institución Educativa Primaria IEP 70604*

CARACTERISTICAS		MUESTRAS					
Parámetros – $Sub_i$	Unidad Q	1	2	3	4	Q Promedio	$W_i$
Muestras:		30/05/2022	23/06/2022	24/08/2022	03/01/2023		
pH	Q pH	91,00	88,00	91,00	55,20	81,30	0,12
Temperatura	Q T	14,10	14,10	9,90	9,90	12,00	0,10
Oxígeno disuelto	Q OD	22,00	27,60	27,20	27,40	26,05	0,17
Fosfatos como $PO_4^{3-}$	Q $PO_4^{3-}$	29,50	37,80	39,90	40,00	36,80	0,10
Nitratos como $NO_3^{-1}$	Q $NO_3^{-1}$	45,00	9,90	9,95	9,97	18,71	0,10
DBO	Q DBO	83,00	91,00	99,50	97,50	92,75	0,10
Solidos totales disueltos	Q STD	32,00	32,00	67,50	68,80	49,86	0,08
Turbidez	Q NTU	87,50	97,50	98,00	97,00	95,00	0,08
Coliformes fecales	Q CF	97,00	97,00	97,00	97,00	97,00	0,15

**Tabla 26**

*Producto ponderado del agua ( $\bar{Q}$ ) promedio del punto de muestreo M2 - Institución Educativa Primaria IEP 70604*

Parámetros ( $Sub_i$ )	$\bar{Q}$ promedio	
pH	Q pH	81,30
Temperatura	Q T	12,00
Oxígeno disuelto	Q OD	26,05
Fosfatos como $PO_4^{-3}$	Q $PO_4^{-3}$	36,80
Nitratos como $NO_3^{-1}$	Q $NO_3^{-1}$	18,71
DBO	Q DBO	92,75
Solidos totales disueltos	Q STD	49,86
Turbidez	Q NTU	95,00
Coliformes fecales	Q CF	97,00

En la Tabla 27 se tiene las diferentes concentraciones de los parámetros físico químicos y bacteriológico ( $Sub_i$ ) determinados en laboratorio, para el punto de muestreo del agua natural del pozo subterráneo (M3) que corresponde a la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega. Los diferentes valores de concentración en el agua fueron evaluados en las cuatro fechas de muestreo para cada parámetro y así mismo fueron contrastados por interpolación gráfica para cada uno de los parámetros del agua ( $Sub_i$ ), evaluaciones que se utilizaron para obtener el valor promedio del producto ponderado del agua (Q); los resultados determinados se exponen en la Tabla 28.

**Tabla 27**

*Evaluación del producto ponderado del agua ( $Q$ ) para parámetros ( $i$ ) del agua y pesos relativos de ponderación ( $W_i$ ) para el ICA-NSF de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega.*

CARACTERISTICAS		MUESTRAS					
Parámetros – Sub <sub>i</sub>	Unidad Q	1	2	3	4	Q Promedio	W <sub>i</sub>
Muestras:		30/05/2022	23/06/2022	24/08/2022	03/01/2023		
pH	Q pH	94,50	89,80	82,00	68,00	83,58	0,12
Temperatura	Q T	14,10	14,10	14,10	9,90	13,05	0,10
Oxígeno disuelto	Q OD	9,40	21,00	19,80	20,50	17,68	0,17
Fosfatos como PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	Q PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	36,00	28,20	38,50	38,20	35,23	0,10
Nitratos como NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Q NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	51,50	18,20	27,50	37,50	33,68	0,10
DBO	Q DBO	87,00	83,00	86,00	80,00	84,00	0,10
Solidos totales disueltos	Q STD	59,50	32,00	39,50	32,00	40,75	0,08
Turbidez	Q NTU	87,50	99,00	96,50	89,80	93,20	0,08
Coliformes fecales	Q CF	97,00	97,00	97,00	97,00	97,00	0,15

**Tabla 28**

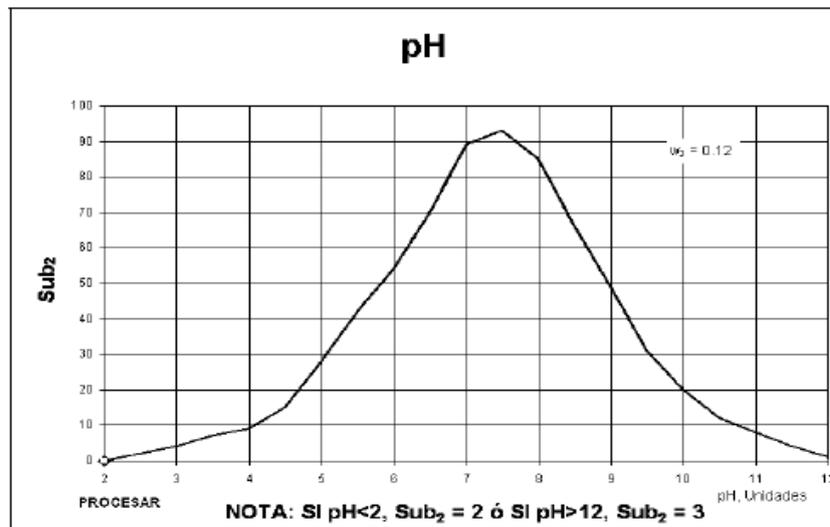
*Producto ponderado del agua ( $\bar{Q}$ ) promedio - punto de muestreo M3 Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega*

Parámetros (Sub <sub>i</sub> )	$\bar{Q}$ promedio
pH	Q pH 83,58
Temperatura	Q T 13,05
Oxígeno disuelto	Q OD 17,68
Fosfatos como PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	Q PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> 35,23
Nitratos como NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Q NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup> 33,68
DBO	Q DBO 84,00
Solidos totales disueltos	Q STD 40,75
Turbidez	Q NTU 93,20
Coliformes fecales	Q CF 97,00

En las Figuras 32; 33; 34; 35; 36; 37; 38; 39 y 40 se muestran los gráficos para la valoración de la calidad del agua por Interpolación en función a los parámetros físico químicos y bacteriológico (Sub<sub>i</sub>) del agua de los tres puntos de muestreo.

**Figura 32**

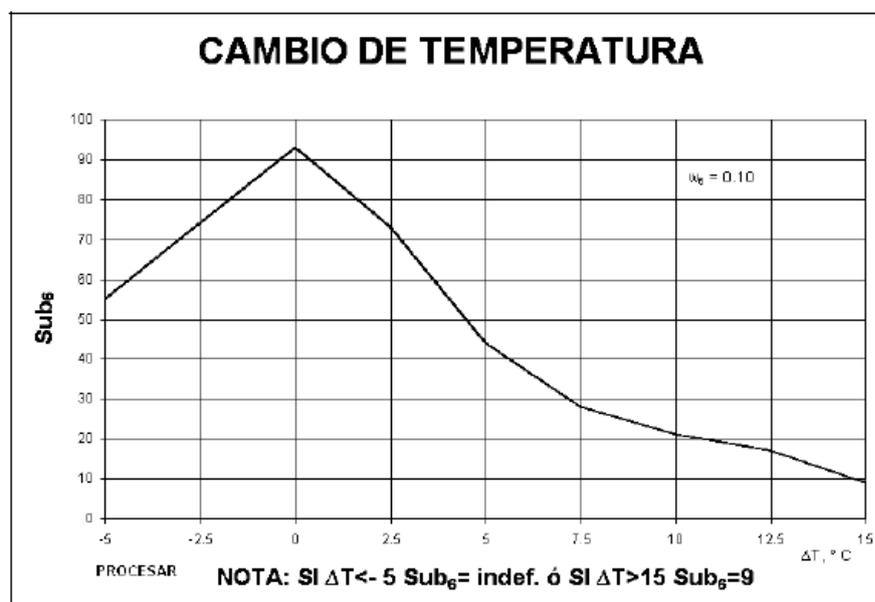
*Valoración de la calidad de agua en función del pH.*



Fuente: Fundación de Sanidad Nacional de los EE. UU (ICA-NSF-USA).  
Donde:  $\text{Sub}_2 = Q \text{ pH}$

**Figura 33**

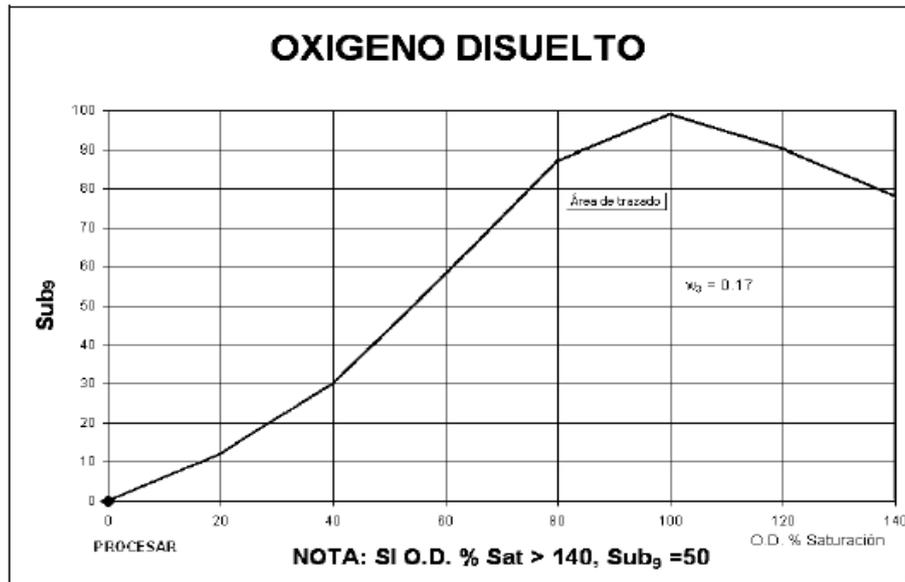
*Valoración de la calidad de agua en función de la Temperatura.*



Fuente: Fundación de Sanidad Nacional de los EE. UU (ICA-NSF-USA).  
Donde:  $\text{Sub}_6 = Q T$

**Figura 34**

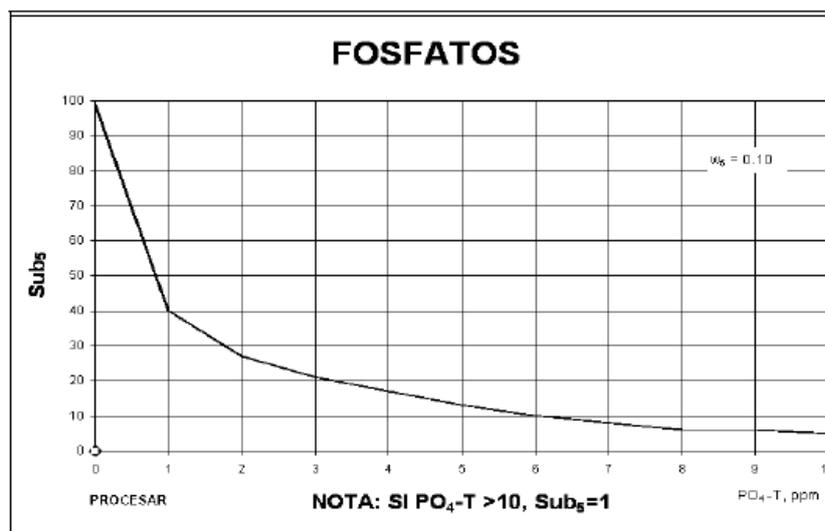
*Valoración de la calidad de agua en función del % de Saturación del Oxígeno.*



Fuente: Fundación de Sanidad Nacional de los EE. UU (ICA-NSF-USA).  
Donde:  $Sub_9 = Q_{OD}$

**Figura 35**

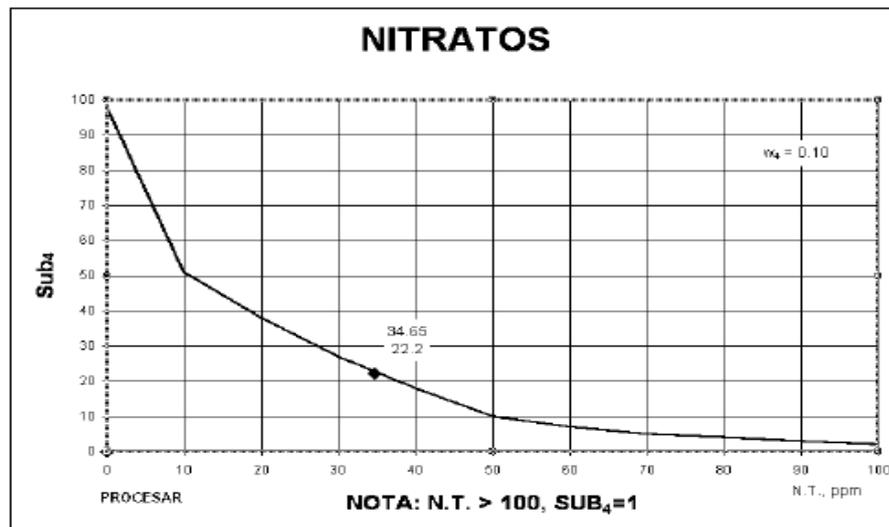
*Valoración de la calidad de agua en función del Fosforo*



Fuente: Fundación de Sanidad Nacional de los EE. UU (ICA-NSF-USA).  
Donde:  $Sub_5 = Q_{PO_4^{3-}}$

**Figura 36**

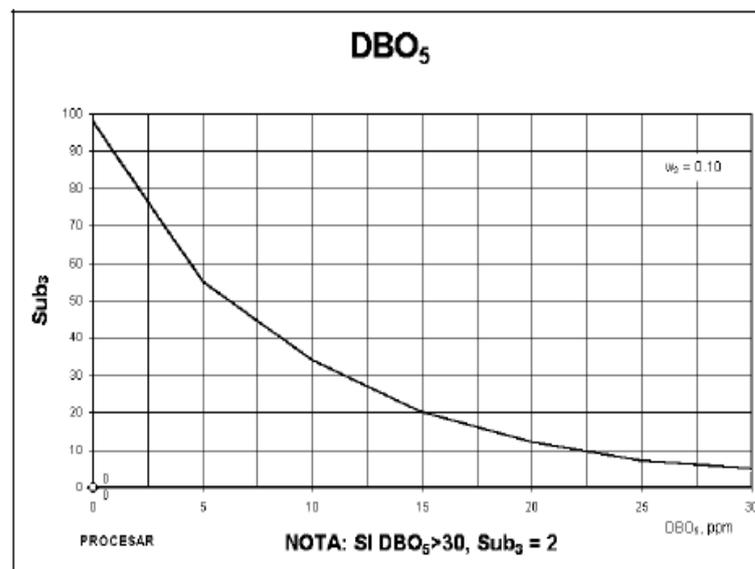
*Valoración de la calidad de agua en función de Nitratos*



Fuente: Fundación de Sanidad Nacional de los EE. UU (ICA-NSF-USA).  
Donde:  $Sub_4 = Q NO_3^{-1}$

**Figura 37**

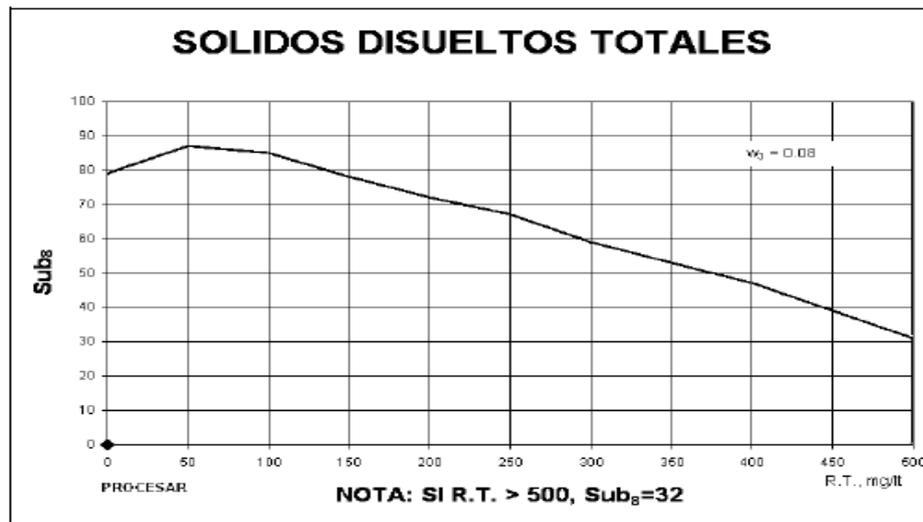
*Valoración de la calidad de agua en función de la DBO*



Fuente: Fundación de Sanidad Nacional de los EE. UU (ICA-NSF-USA).  
Donde:  $Sub_3 = Q DBO_5$

**Figura 38**

*Valoración de la calidad de agua en función de los STD*

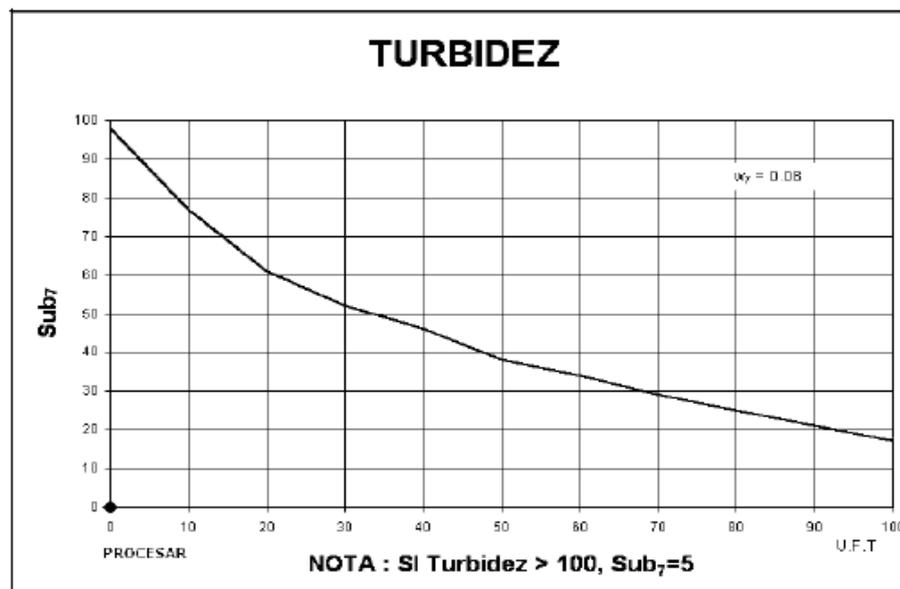


Fuente: Fundación de Sanidad Nacional de los EE. UU (ICA-NSF-USA).

Donde:  $Sub_8 = Q_{STD}$

**Figura 39**

*Valoración de la calidad de agua en función de la Turbidez*

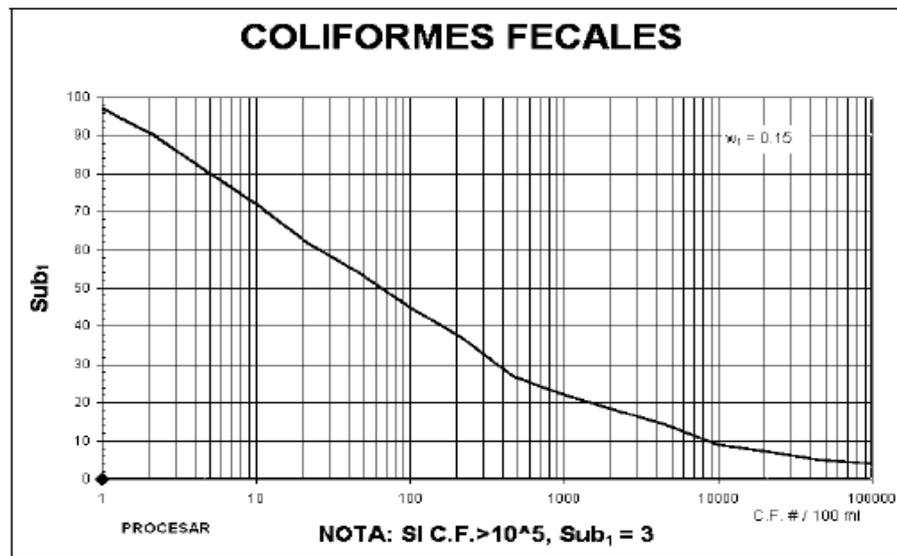


Fuente: Fundación de Sanidad Nacional de los EE. UU (ICA-NSF-USA).

Donde:  $Sub_7 = Q_{NTU}$

**Figura 40**

*Valoración de la calidad de agua en función de Coliformes Fecales*



Fuente: Fundación de Sanidad Nacional de los EE. UU (ICA-NSF-USA).

Donde:  $Sub1 = Q_{CF}$

#### **4.3. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA), PARA LOS TRES PUNTOS DE MUESTREO DEL AREA DE ESTUDIO.**

Las gráficas de las curvas para los diferentes parámetros del agua ( $Sub_i$ ), fueron tomados de las gráficas elaborados por Fundación de Sanidad Nacional de los EE. UU (ICA-NSF-USA) con el objetivo de determinar los valores del producto ponderado del agua ( $Q$ ) para cada parámetro del agua ( $Sub_i$ ) elegido, mediante interpolación gráfica. Los resultados del producto ponderado del agua ( $Q$ ) es base fundamental para la determinación del índice de calidad de agua ICA, para cada punto de muestreo de la zona de estudio; los resultados del Índice de Calidad de Agua ICA, por el método de la Fundación de Sanidad Nacional de los EE. UU, se exponen en las Tablas 29 para el punto de muestreo (M1) de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite, Tabla 30 para el punto de muestreo (M2) de la Institución Educativa Primaria IEP 70604 y Tabla

31 para el punto de muestreo (M3) de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega.

Para determinar el índice de calidad de agua ICA se realizó mediante el uso de la ecuación (3)

$$ICA = \sum_{i=1}^n Q_i W_i$$

Donde:

ICA: Índice de calidad de Agua

Q<sub>i</sub>: Producto ponderado de la variable o ponderación del agua.

W<sub>i</sub>: Pesos relativos de ponderación asignados a cada parámetro (Sub<sub>i</sub>)

Sub<sub>i</sub>: Sub índice del parámetro i, del agua.

Los resultados del ICA, obtenidos se interpretan de acuerdo a la escala de la Tabla 29.

**Tabla 29**

*Escala de clasificación del ICA-NSF.*

Rango	Escala	Color	
<b>Excelente</b>	91 - 100	Azul	
<b>Buena</b>	71 - 90	Verde	
<b>Media</b>	51 - 70	Amarillo	
<b>Mala</b>	26 - 50	Naranja	
<b>Muy Mala</b>	00 - 25	Rojo	

Fuente: NSF. (2006).

La evaluación del índice de calidad de agua ICA, para el punto de muestreo (M1) de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite, muestra el **valor del ICA de 57,42 unidades**, tal como se expone en la Tabla 32. De las tablas establecidas por la Fundación de Sanidad Nacional de los EE. UU (ICA-NSF-USA), los resultados del ICA (ver Tabla 8), por el método del ICA-NSF, es calificado como agua, con **valor de índice de calidad de agua (ICA) Media o agua**

**de categoría de calidad Media**, con valor comprendido entre 51-70 unidades, para el punto de muestreo (M1) de agua natural de pozo subterráneo, de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite.

**Tabla 30**

*Índice de calidad de agua ICA punto de muestreo (M1) Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite*

Parámetros Sub <sub>i</sub>	Unidad Q	$\bar{Q}$ Promedio	Wi	ICA
pH	Q pH	83,33	0,12	9,99
Temperatura	Q T	10,95	0,10	1,09
Oxígeno disuelto	Q OD	25,67	0,17	4,36
Fosfatos como PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	Q PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	34,62	0,10	3,46
Nitratos como NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Q NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	37,39	0,10	3,74
DBO	Q DBO	85,53	0,10	8,55
Solidos totales disueltos	Q STD	56,10	0,08	4,49
Turbidez	Q NTU	89,83	0,08	7,19
Coliformes fecales	Q CF	97,00	0,15	14,55
			ICA: $\Sigma$	57,42

La evaluación del índice de calidad de agua para el punto de muestreo (M2) de la Institución Educativa Primaria IEP 70604, muestra el **valor del ICA de 56,34 unidades**, tal como se expone en la Tabla 33. De las tablas establecidas por la Fundación de Sanidad Nacional de los EE. UU (ICA-NSF-USA), los resultados del ICA (ver Tabla 8), por el método del ICA-NSF, es calificado como agua, con **valor de índice de calidad de agua (ICA) Media o agua de categoría de calidad Media**, con valor comprendido entre 51-70 unidades, para el punto de muestreo (M2) de agua natural de pozo subterráneo, de la Institución Educativa Primaria IEP 70604. Perez. (2017). Se tienen resultados similares del estudio de evaluación del índice de calidad de agua del río Moquegua el que es contaminado por vertimientos de efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales Omo de Moquegua; los parámetros para determinar el ICA fueron calificados en una escala de 0 a 100, cuyas valoraciones son considerados en las

escalas de excelente, buena, media, mala y muy mala; para cuantificar los resultados del índice de calidad ICA, por el modelo Brown-NSF para el río Moquegua antes del vertimiento de efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales Omo de Moquegua, cuya evaluación presenta un ICA-NSF de 51,44 unidades, calificado agua de calidad media.

**Tabla 31**

*Índice de calidad de agua ICA punto de muestreo (M2) Institución Educativa Primaria IEP 70604*

Parámetros $Sub_i$	Unidad Q	$\bar{Q}$ Promedio	$W_i$	ICA
pH	Q pH	81,30	0,12	9,76
Temperatura	Q T	12,00	0,10	1,20
Oxígeno disuelto	Q OD	26,05	0,17	4,43
Fosfatos como $PO_4^{-3}$	Q $PO_4^{-3}$	36,80	0,10	3,68
Nitratos como $NO_3^{-1}$	Q $NO_3^{-1}$	18,71	0,10	1,87
DBO	Q DBO	92,75	0,10	9,26
Sólidos totales disueltos	Q STD	49,86	0,08	3,99
Turbidez	Q NTU	95,00	0,08	7,60
Coliformes fecales	Q CF	97,00	0,15	14,55
			ICA: $\Sigma$	56,34

La evaluación del índice de calidad de agua para el punto de muestreo (M3) de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega, muestra el **valor del ICA de 54,90 unidades**, tal como se expone en la Tabla 34. De las tablas establecidas por la Fundación de Sanidad Nacional de los EE. UU (ICA-NSF-USA), los resultados del ICA (ver Tabla 8), por el método del ICA-NSF, es calificado como agua, con **valor de índice de calidad de agua (ICA) Media o agua de categoría de calidad Media**, con valor comprendido entre 51-70 unidades, para el punto de muestreo (M3) de agua natural de pozo subterráneo, de la Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega. Perez (2017). Se tienen resultados similares del estudio de evaluación del índice de calidad de agua del río Moquegua el que es contaminado por vertimientos de efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales Omo de Moquegua; los parámetros para determinar el ICA fueron calificados en una escala de 1 a

100, cuyas valoraciones son considerados en las escalas de excelente, buena, media, mala y muy mala; para cuantificar los resultados del índice de calidad ICA, por el método Brown-NSF para el río Moquegua antes del vertimiento de efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales Omo de Moquegua, cuya evaluación presenta un ICA-NSF de 51,44 unidades, calificado agua de calidad media

**Tabla 32**

*Índice de calidad de agua ICA punto de muestreo (M3) Institución Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega.*

Parámetros Sub <sub>i</sub>	Unidad Q	$\bar{Q}$ Promedio	Wi	ICA
pH	Q pH	83,58	0,12	10,03
Temperatura	Q T	13,05	0,10	1,31
Oxígeno disuelto	Q OD	17,68	0,17	3,00
Fosfatos como PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	Q PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	35,23	0,10	3,52
Nitratos como NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Q NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	33,68	0,10	3,37
DBO	Q DBO	84,00	0,10	8,40
Solidos totales disueltos	Q STD	40,75	0,08	3,26
Turbidez	Q NTU	93,20	0,08	7,46
Coliformes fecales	Q CF	97,00	0,15	14,55
			ICA: $\Sigma$	54,90

#### 4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA DIFERENCIA DE MEDIAS DE LOS VALORES DE LOS (ICAs) DETERMINADOS.

##### i) Planteamiento de hipótesis estadísticas

H<sub>0</sub>: Todas las medias de los Índice de la Calidad del agua ICA son iguales.

H<sub>1</sub>: No todas las medias de los Índice de la Calidad del agua ICA son iguales.

##### ii) Nivel de significancia

Para este estudio se utilizó el nivel de significancia del  $\alpha = 0,05$ , con un nivel confianza de  $(1 - \alpha) = 0,95$

##### iii) Pruebas estadísticas

#### 4.4.1. Análisis de Varianza



Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	13,03	6,514	1,90	0,205
Error	9	30,82	3,424		
Total	11	43,85			

### Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
1	4	57,437	0,707	(55,343; 59,530)
2	4	56,366	1,980	(54,273; 58,459)
3	4	54,890	2,420	(52,80; 56,99)

*Desv.Est. agrupada = 1,85049*

El Análisis de Varianza ANOVA, muestra que el valor de (p) es 0,205, que es superior a  $\alpha = 0,05$ , es decir que valor de (p) = 0,205  $\geq$   $\alpha = 0,05$ , por tanto, se acepta la hipótesis nula, que indica que todas las medias de los Índices de Calidad de Agua (ICAs) de los tres puntos M1, M2 y M3 son iguales, es decir estadísticamente no tiene diferencia significativa.

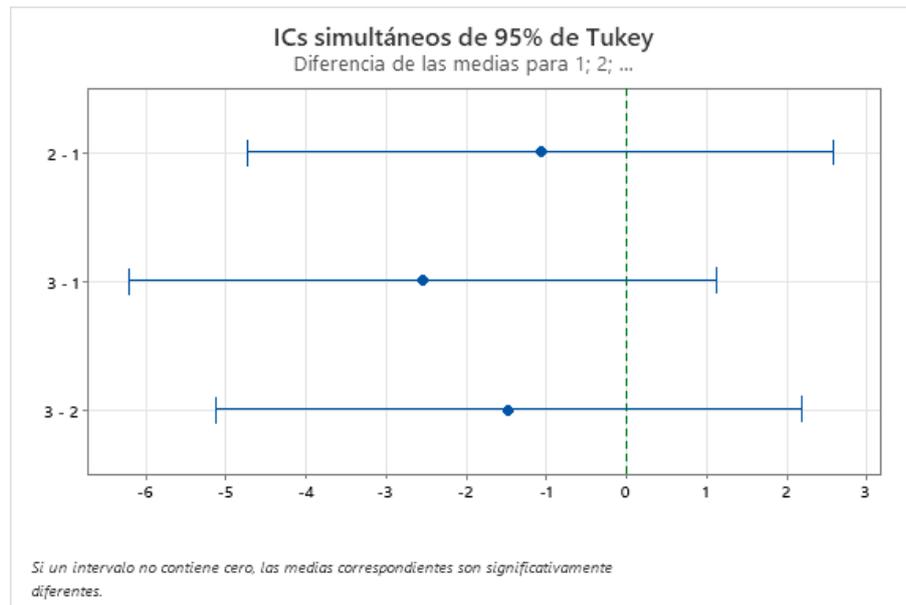
### Comparaciones en parejas de Tukey

Se agrupa la información utilizando el método de Tukey con una confianza de 95%

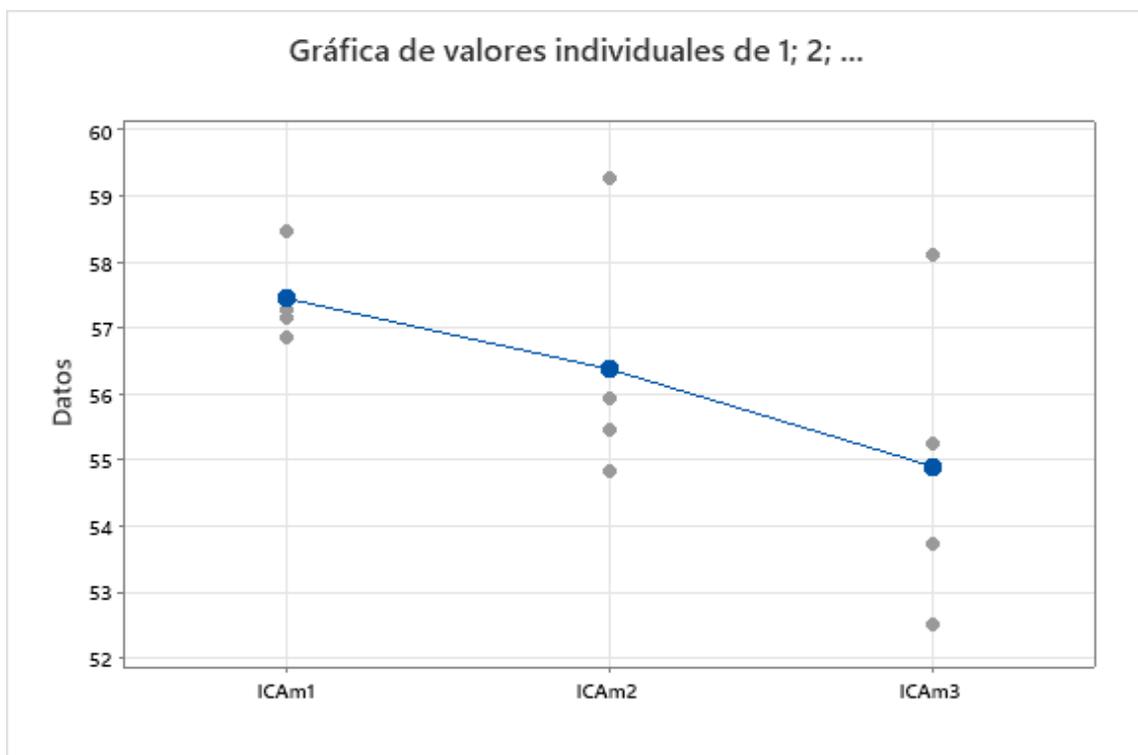
Factor	N	Media	Agrupación
1	4	57,437	A
2	4	56,366	A
3	4	54,890	A

*Las medias que no comparten una misma clase de letra son significativamente diferentes.*

Por lo tanto, las medias son significativamente iguales por el método de Tukey con una confianza de 95%



El gráfico de intervalos de confianza al 95% de Tukey, indica que todos las ICAs de las 3 muestras contiene el valor de cero, por tanto, no existe diferencia significativa entre las ICAs de las tres muestras.



El gráfico de dispersión de los ICAs, de los tres puntos de muestra indican que existe solapamiento, por tanto, no existe diferencia significativa entre las ICAs de las tres muestras de aguas naturales de los pozos subterráneos.



### **i) Regla de Decisión**

Se plantea la siguiente hipótesis estadística

$H_0$  (hipótesis nula): Si **p-valor**  $\geq 0,05$ , se acepta la  $H_0$

$H_1$  (hipótesis alterna): Si **p-valor**  $< 0,05$ , se acepta la  $H_1$

### **ii) Decisión**

La diferencia de medias no es significativa a nivel 0,05, como se muestra en el análisis de varianza de muestra de un factor de los: (ICA M1, ICA M2, ICA M3); al tener, **p-valor** = 0,205  $\geq 0,05$ . En consecuencia, se acepta la hipótesis alterna  $H_0$ , lo indica que No existe diferencia de medias de Índice de Calidad del agua ICA entre las zonas de estudio.



## V. CONCLUSIONES

- La caracterización de los parámetros físico químicos y bacteriológico de las aguas naturales de pozos subterráneos, de tres centros educativos de la urbanización Néstor Cáceres Velásquez de la ciudad de Juliaca, fue de los parámetros físico químicos de demanda bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ), % de saturación de oxígeno disuelto, pH, conductibilidad eléctrica (Ce), temperatura, fosfatos ( $PO_4^{-3}$ ), nitratos ( $NO_3^-$ ), sólidos disueltos totales (SDT), turbidez (NTU) y el parámetro microbiológico de coliformes fecales (CF). La caracterización del agua para consumo humano se realizó en base a los LMP de los Estándares de Calidad Ambiental del agua, D.S. 004-2017-MINAM y de los Estándares de Calidad de agua (ECAs) D.S. 031-2010-SA. En las Instituciones de educación inicial I.E.I. N° 367 Satélite y de educación secundaria I.E.S. Inca Garcilaso de la Vega, las concentraciones de oxígeno disuelto y fosfatos ( $PO_4^{-3}$ ) sobrepasan los LMP en las aguas naturales de los pozos, mientras que las aguas naturales del pozo del Centro Educativo Primaria I.E.P. N° 70604 Néstor Cáceres Velásquez, los parámetros que sobrepasan los LMP, son en el oxígeno disuelto, fosfatos ( $PO_4^{-3}$ ) y nitratos ( $NO_3^{-1}$ ). El parámetro bacteriológico de Coliformes fecales para las aguas naturales de los tres centros educativos se encuentran con concentraciones inferiores a los LMP.
- El índice de calidad del agua (ICA) para los tres puntos de muestreo, se determinó mediante el protocolo de evaluación del índice de calidad de agua de la Fundación de Sanidad Nacional de los EE. UU (ICA-NSF-USA). El índice de calidad de agua ICA, para el punto de muestreo (M1) de la Institución Educativa Inicial IEI 367 Satélite, muestra el valor del ICA de 57,42 unidades, calificado como agua de categoría de calidad Media; el punto de muestreo (M2) de la Institución Educativa Primaria IEP 70604, muestra el valor del ICA de 56,34 unidades, es calificado como agua de categoría de calidad Media; el punto de muestreo (M3) de la Institución



Educativa Secundaria IES Inca Garcilaso De La Vega, muestra el valor del ICA de 54,90 unidades, calificado como agua, de categoría de calidad Media.

➤ El Análisis estadístico de Varianza ANOVA, muestra que el valor de (p) es 0,205, que es superior a  $\alpha = 0,05$ , es decir que valor de (p) =  $0,205 \geq \alpha = 0,05$ , por lo tanto, se acepta que todas las medias de los Índices de Calidad de Agua (ICAs) de los tres puntos M1, M2 y M3 son estadísticamente iguales y no tiene diferencia significativa.



## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el tratamiento de los parámetros físico químicos de oxígeno disuelto (OD) y fosfatos ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) del agua natural de los pozos subterráneos de los centros educativos de Educación Inicial I.E.I. N° 367 Satélite y del centro educativo de Educación Secundaria I.E.S. Inca Garcilaso de la Vega. Así mismo realizar el tratamiento de los parámetros de oxígeno disuelto (OD), fosfatos ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) y nitratos ( $\text{NO}_3^{-1}$ ) en las aguas naturales del pozo del centro educativo Primaria I.E.P. N° 70604 Néstor Cáceres Velásquez; con la finalidad de ser aptos para el consumo humano.
- Se recomienda al gobierno local tener un compromiso con la población, para la producción y abastecimiento de agua potable.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA. AWWA. & WPCF. (2002). *Métodos Normalizados para el Análisis de aguas potables y residuales*. Madrid, España. Edit, Díaz de Santos. S.A.
- Arias Ayala, Jhon. Paul. (2018). *Caracterización fisicoquímica y bacteriológica, del agua de consumo humano del centro poblado de pampa hermosa, distrito de Chontabamba, provincia de Oxapampa*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Daniel Alcides Carreón, Facultad de Ingeniería.  
[http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/414/1/T026\\_70261078\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/414/1/T026_70261078_T.pdf)
- Ball, R., & Church, R. (1980). *Water quality indexing and scoring*. Journal of the Environmental Engineering Division, American Society of Civil Engineers, 106, EE4: 757-771.
- Baptista, C. (2002). *II curso internacional de aspectos geológicos de protección ambiental: Contaminación del agua y suelos*.  
<http://www.unesco.org.uy/geo/campinaspdf/14contaminacion.pdf>.  
Sao Paulo. UNESCO UNICAMP.
- Brooks, K., Ffolliott, P., Gregersen, H. & DeBano, L. (2003). *Hydrology and the Management of watersheds*. 3. ed. Ames, Iowa, EE. UU. Iowa State University Press: 574
- Calsín, K. (2016). *Calidad física, química y bacteriológica de aguas subterráneas de pozo para consumo humano en el sector de Taparachi III de la ciudad de Juliaca, Puno – 2016*. Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Biología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú: 64 p.
- Coello, Julio R., Ormaza, Rosa. M., Dé ley, Ángel. R., Recalde, Celso. G., Ríos, Anita, C. (2013). Rev. Instituto de Investigación RIIGEO – FIGMMG – UNMSM. Vol.15, N° 30: 66-71



Consejo Superior de Investigaciones CSIC. (2008). *Presidencia del Consejo Superior de Investigaciones CSIC*. España. Memoria 2008.

csic.es <https://www.csic.es> › memoria-2008

Curo, M. (2017). *Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de pozos con fines de consumo humano en el distrito de Huata – Puno, 2016*. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano, Puno – Perú: 99 p.

Dunnette, D. (1979). *Geographically Variable Water Quality Index Used in Oregon*. Journal of the Water Pollution, 53-61.

Eaton, A., Clesceri, L., Rice, E., & Greenberg, A. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Estados Unidos. Centennial Edition.

Fernández, N., & Solano, F. (2005). *Índices de Calidad y de contaminación*. Universidad de Pamplona. España.

García González, J., Osorio Ortega, M., Saquicela Rojas, R., Cadme, M. L. (2021). *Determinación del índice de calidad del agua en ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador*. Ingeniería del agua, 25(2): 115-126.  
<https://doi.org/10.4995/Ia.2021.13921>

Gil Marín, José. Alexander., Vizcaino, Celeidys., Veliz, Carlos. E. (2019). *Evaluación de la calidad del agua subterránea utilizando el Índice de Calidad del Agua (ICA)*. Revista de investigación en agro producción sustentable. Vol.3, Núm.3.

Jalexgil2005@hotmail.com

Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú. (2012). *Censos nacionales 2003*. Perú.  
<https://www.gob.pe/inei/>

Lee S., Maken S., Jang J., Park K., Park, J. (2006). *Development of physicochemical nitrogen removal process for high strength industrial wastewater*. Water Res. Vol. 40, pp. 975-980.



- Miranda Zea, N. (2012). *Tecnología de Aguas – Tratamiento y control de calidad*. UNA-Puno, Perú. Edit. Centro papelero del norte S.A. Trujillo.
- Nasiri, F.; Maqsood, I.; Huang, G.; Fuller, N. (2007). *Water Quality Index: A Fuzzy River-Pollution Decision Support Expert System*. Journal of Water Resources Planning and Management, 133: 95-105. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(2007\)133:2\(95\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(2007)133:2(95))
- NSF - National Sanitation Foundation. (2006). *Consumer Information: Water Quality Index (WQI)*. Consumer Information: Water Quality Index (WQI): [www.nsf.org/consumer/just\\_for\\_kids/wqi.asp](http://www.nsf.org/consumer/just_for_kids/wqi.asp)
- Patiño, P., Holguin, J., Barba-Ho, L., Cruz, C., Ramírez, C., Duque, A., Baena, L. (2004). *Metodología para la adaptación de un Índice de Calidad del Agua a condiciones medioambientales del Río Cauca en el tramo Savajina-Virginia*. Seminario Internacional: Visión integral en el mejoramiento de la calidad del agua. Universidad del Valle, Instituto Cinara.
- Pérez Alvarado, Julisa, K. (2017). *Determinación del Índice de Calidad del Agua del Río Moquegua por Influencia del Vertimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Omo, Durante el Periodo 2014 – 2015*. Universidad José Carlos Mariátegui, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Tesis de pre grado para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental.
- Rubio Arias, Héctor., Ortiz Delgado, Roberto, C., Quintana Martínez, Rey., Saucedo Terán, Rubén., Ochoa Rivero, Jesús., Rey Burciaga, Nora., (2014). *Índice de calidad de agua (ICA) en la presa la boquilla en Chihuahua, México*. Ecosistema y Recursos Agropecuarios, 1(2):139-150



- Sacha, A., Espinoza, C. (2001). *Determinación del contenido natural e índices de calidad: Presente y futuro de calidad de aguas*. XIV Congreso Chileno de Ingeniería Sanitaria y Ambiental AIDIS, Chile.
- Santa Cruz, Prado, Kandy. R. (2014). *Índice de calidad de agua de tres pozos artesianos que abastecen a la comunidad Nativa Pueblo Nuevo, Ucayali*. Tesis de pre grado facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional Agraria de la Selva.  
<http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/365>
- Servicio Nacional de Estudios territoriales. El Salvador (2002). *Cálculo del Índice de Calidad del Agua General*.  
[https://www.google.com/search?q=Ministerio+de+Recursos+Naturales.+Servicio+Nacional+de+Estudios+territoriales.+El+Salvador+\(2002\).+%C3%8Dndice+de+Calidad+del+Agua+General&oq=Ministerio+de+Recursos+Naturales.+Servicio+Nacional+de+Estudios+territoriales.+El+Salvador+\(2002\).+%C3%8Dndice+de+Calidad+del+Agua+General&aqs=chrome..69i57.2712j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=Ministerio+de+Recursos+Naturales.+Servicio+Nacional+de+Estudios+territoriales.+El+Salvador+(2002).+%C3%8Dndice+de+Calidad+del+Agua+General&oq=Ministerio+de+Recursos+Naturales.+Servicio+Nacional+de+Estudios+territoriales.+El+Salvador+(2002).+%C3%8Dndice+de+Calidad+del+Agua+General&aqs=chrome..69i57.2712j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8)
- Soni, H. & Thomas, S. (2014). *Assessment of surface water quality in relation to water quality index of tropical lentic environment*. Central Gujarat, India. India: International journal of environment, 3(1).
- Tacuri Robles, Roxana. (2018). *Determinación de la calidad de agua de pozos artesianos y sus aspectos ambientales asociados, Juliaca, Puno*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Unidad de Posgrado. Facultad de Ciencias Naturales y Formales. Tesis Maestría en Ciencias, con mención en Gerencia, Auditoría y Gestión Ambiental.  
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8842>
- Torres, Patricia.; Cruz, Camilo, Hernán.; Patiño, Paola, Janeth. (2009). *Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano*. Una revisión crítica. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, vol. 8, (15): 79-94



Who, (2006). World Health organization. *Protecting Groundwater for Health Managing the Quality of Drinking-Water Sources*. London.



## ANEXOS

### Anexo 1. INFORMES DE LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUAS DE LOS CENTROS EDUCATIVOS.

#### ANEXO A.1. ANÁLISIS DE LA I.E.I. 367 SATELITE



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



LQ - 2022  
Nº 001728

## Certificado de Análisis

### ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUAS: MUESTRA 01

PROCEDENCIA : MUESTRA 01, I.E.I. 367 SATELITE, URBANIZACIÓN NESTOR CACERES VELÁSQUEZ- CIUDAD JULIACA-SAN ROMÁN  
PROYECTO : EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA), EN POZOS SUBTERRÁNEOS DE TRES CENTROS EDUCATIVOS DE LA URBANIZACIÓN NESTOR CACERES VELÁSQUEZ- CIUDAD DE JULIACA-SAN ROMÁN  
INTERESADO : ARMANDO RAEL GARAY VELASQUEZ  
MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA  
MUESTREO : 30/05/2022, por el interesado  
ANÁLISIS : 30/05/2022  
COD. MUESTRA : B009-000330

#### CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:

ASPECTO : Líquido  
COLOR : Incoloro  
OLOR : Inodoro

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

pH	:	8.20	
Temperatura	:	15.00 °C	
Conductividad Eléctrica	:	1258.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$	
<b>CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS</b>			
Dureza Total como $\text{CaCO}_3$	:	451.73	mg/L
Alcalinidad como $\text{CaCO}_3$	:	313.16	mg/L
Cloruros como Cl <sup>-</sup>	:	99.97	mg/L
Fosfatos como $\text{PO}_4^{3-}$	:	1.07	mg/L
Nitratos como $\text{NO}_3^-$	:	9.90	mg/L
Nitrógeno amoniacal	:	540.00	mg/L
Calcio como $\text{Ca}^{++}$	:	96.86	mg/L
Magnesio como $\text{Mg}^{++}$	:	32.64	mg/L
Demanda bioquímica de oxígeno	:	0.00	mg/L
Sólidos Totales	:	502.00	mg/L
Porcentaje de salinidad	:	1.00	%
Turbidez	:	<5	NTU

#### INTERPRETACIÓN

L- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental para acuicultura, según D.S. 004- 2017-MINAM, excepto nitrógeno amoniacal.

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

VºBº

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
ING - IUMA - CP - 111190



Walter B. Aparicio Aragón, Ph.D.  
DECANO - IUMA



Nº 001729  
LQ - 2022

## Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de AGUAS: MUESTRA 01

PROCEDENCIA : MUESTRA 01, I.E.I. 367 SATELITE, URBANIZACIÓN NESTOR CACERES VELÁSQUEZ- CIUDAD JULIACA-SAN ROMÁN  
PROYECTO : EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA), EN POZOS SUBTERRÁNEOS DE TRES CENTROS EDUCATIVOS DE LA URBANIZACIÓN NESTOR CACERES VELÁSQUEZ- CIUDAD DE JULIACA-SAN ROMÁN  
INTERESADO : ARMANDO RAEI GARAY VELASQUEZ  
MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA  
MUESTREO : 23/06/2022, por el interesado  
ANÁLISIS : 23/06/2022  
COD. MUESTRA : B009-000367

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

ASPECTO : Líquido  
COLOR : Incoloro  
OLOR : Inodoro

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

pH : 7.66  
Temperatura : 15.00 °C  
Conductividad Eléctrica : 7310.00 µS/cm

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

Dureza Total como CaCO<sub>3</sub> : 435.52 mg/L  
Alcalinidad como CaCO<sub>3</sub> : 464.85 mg/L  
Cloruros como Cl<sup>-</sup> : 107.97 mg/L  
Fosfatos como PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> : 1.11 mg/L  
Nitratos como NO<sub>3</sub> : 26.50 mg/L  
Nitrógeno amoniacal : 58.56 mg/L  
Calcio como Ca<sup>++</sup> : 128.82 mg/L  
Magnesio como Mg<sup>++</sup> : 27.58 mg/L  
Demanda bioquímica de oxígeno : 0.00 mg/L  
Sólidos Totales : 400.00 mg/L  
Porcentaje de salinidad : 3.65 %  
Turbidez : 2.00 NTU

**INTERPRETACIÓN**

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental para acuicultura, según D.S. 004- 2017-MINAM.  
Puno, C.U. 18 de octubre del 2022.

VºBº

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FIQ - UNA - CP - 192295



Walter B. Ponce, Ph.D.  
DECANO - FIQ - UNA



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



Nº 001733

LQ - 2022

## Certificado de Análisis

**ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUAS: MUESTRA 01**

PROCEDENCIA : MUESTRA 01, I.E.I. 367 SATELITE, URBANIZACIÓN NESTOR CACERES VELÁSQUEZ- CIUDAD JULIACA-SAN ROMÁN  
PROYECTO : EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA), EN POZOS SUBTERRÁNEOS DE TRES CENTROS EDUCATIVOS DE LA URBANIZACIÓN NESTOR CACERES VELÁSQUEZ- CIUDAD DE JULIACA-SAN ROMÁN  
INTERESADO : ARMANDO RAEI GARAY VELASQUEZ  
MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA  
MUESTREO : 24/08/2022, por el interesado  
ANÁLISIS : 24/08/2022  
COD. MUESTRA : B009-000366

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

ASPECTO : Líquido  
COLOR : Incoloro  
OLOR : Inodoro

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

pH : 7.38  
Temperatura : 15.00 °C  
Conductividad Eléctrica : 481.00 µS/cm

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

Dureza Total como CaCO<sub>3</sub> : 454.20 mg/L  
Alcalinidad como CaCO<sub>3</sub> : 343.05 mg/L  
Cloruros como Cl<sup>-</sup> : 389.90 mg/L  
Fosfatos como PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> : 1.63 mg/L  
Nitratos como NO<sub>3</sub><sup>-</sup> : 26.80 mg/L  
Nitrógeno amoniacal : 50.00 mg/L  
Calcio como Ca<sup>++</sup> : 81.20 mg/L  
Magnesio como Mg<sup>++</sup> : 12.21 mg/L  
Demanda bioquímica de oxígeno : 0.00 mg/L  
Sólidos Totales : 191.60 mg/L  
Porcentaje de salinidad : 0.20 %  
Turbidez : 2.60 NTU

**INTERPRETACIÓN**

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental para acuicultura, según D.S. 004- 2017-MINAM.

Puno, C.U. 18 de octubre del 2022.

vºBº

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
PIQ - UNAP - CIP - 152293



*Firma manuscrita de Walther B. Aparicio*  
Walther B. Aparicio, Ph.D.  
DECANO - PIQ - UNAP



LQ-2023 001889

## Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de AGUAS: MUESTRA 01  
**PROCEDENCIA** : MUESTRA 01, I.E.I. 367 SATELITE, URBANIZACIÓN NESTOR CASERES  
 VELÁSQUEZ- CIUDAD JULIACA-SAN ROMÁN  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA), EN POZOS  
 SUBTERRÁNEOS DE TRES CENTROS EDUCATIVOS- URBANIZACIÓN  
 NESTOR CASERES VELÁSQUEZ- CIUDAD JULIACA-SAN ROMÁN  
**INTERESADO** : ARMANDO RUEL GARAY VELASQUEZ  
**MOTIVO** : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA  
**MUESTREO** : 03/01/2023, por el interesado  
**ANÁLISIS** : 03/01/2023  
**COD. MUESTRA** : B009-000400

### CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:

**ASPECTO** : Líquido  
**COLOR** : Incoloro  
**OLOR** : Inodoro

### CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

**pH** : 6.45  
**Temperatura** : 15.00 °C  
**Conductividad Eléctrica** : 513.00 µS/cm

### CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

**Dureza Total como CaCO<sub>3</sub>** : 575.40 mg/L  
**Alcalinidad como CaCO<sub>3</sub>** : 228.56 mg/L  
**Cloruros como Cl<sup>-</sup>** : 107.97 mg/L  
**Fosfatos como PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>** : 1.86 mg/L  
**Nitratos como NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : 18.24 mg/L  
**Nitrógeno amoniacal** : 60.00 mg/L  
**Calcio como Ca<sup>++</sup>** : 85.82 mg/L  
**Magnesio como Mg<sup>++</sup>** : 87.70 mg/L  
**Demanda bioquímica de oxígeno** : 0.00  
**Sólidos Totales** : 200.80 mg/L  
**Porcentaje de salinidad** : 0.20 %  
**Turbidez** : 3.50 NTU

### INTERPRETACIÓN

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental para acuicultura, según D.S. 004- 2017-MINAM.

Puno, C.U. 11 de enero del 2023.

VºBº

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
 ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
 PUNO - UNAP - CIP - 180233



WILBER E. ARAÚN  
 DECANO MEDICINA



ANEXO A.2. ANÁLISIS DE LA I.E.P. 70604 NESTOR CACERES VELASQUEZ



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



LQ - 2022 001727

## Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de AGUAS: MUESTRA 02

PROCEDENCIA : MUESTRA 02, I.E.P. 70604 NESTOR CACERES VELÁSQUEZ, URBANIZACIÓN NESTOR CACERES VELÁSQUEZ- CIUDAD JULIACA-SAN ROMÁN  
PROYECTO : EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA), EN POZOS SUBTERRÁNEOS DE TRES CENTROS EDUCATIVOS DE LA URBANIZACIÓN NESTOR CACERES VELÁSQUEZ- CIUDAD DE JULIACA-SAN ROMÁN  
INTERESADO : ARMANDO RAEI GARAY VELASQUEZ  
MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA  
MUESTREO : 30/05/2022, por el interesado  
ANÁLISIS : 30/05/2022  
COD. MUESTRA : B009-000330

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

ASPECTO : Líquido  
COLOR : Incoloro  
OLOR : Inodoro

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

pH : 7.66  
Temperatura : 15.00 °C  
Conductividad Eléctrica : 1555.00  $\mu$ S/cm

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

Dureza Total como CaCO<sub>3</sub> : 932.50 mg/L  
Alcalinidad como CaCO<sub>3</sub> : 266.64 mg/L  
Cloruros como Cl<sup>-</sup> : 189.94 mg/L  
Fosfatos como PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> : 1.86 mg/L  
Nitratos como NO<sub>3</sub><sup>-</sup> : 14.50 mg/L  
Nitrógeno amoniacal : 83.00 mg/L  
Calcio como Ca<sup>++</sup> : 190.19 mg/L  
Magnesio como Mg<sup>++</sup> : 73.30 mg/L  
Demanda bioquímica de oxígeno : 0.00 mg/L  
Sólidos Totales : 778.00 mg/L  
Porcentaje de salinidad : 0.90 %  
Turbidez : <5 NTU

**INTERPRETACIÓN**

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental para acuicultura, según D.S. 004- 2017-MINAM, excepto la dureza Puno, C.U. 06 de junio del 2022.

VºBº

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
PIQ - UTA - CIP - 152393



Walther B. Aparicio Aragón, Ph.D.  
DECANO FQI - UTA



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



Nº 001738  
LQ - 2022

## Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de AGUAS: MUESTRA 02

PROCEDENCIA : MUESTRA 02, I.E.P. 70604 NESTOR CACERES VELASQUEZ, URBANIZACIÓN NESTOR CACERES VELASQUEZ- CIUDAD JULIACA-SAN ROMÁN  
PROYECTO : EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA), EN POZOS SUBTERRÁNEOS DE TRES CENTROS EDUCATIVOS DE LA URBANIZACIÓN NESTOR CACERES VELASQUEZ- CIUDAD DE JULIACA-SAN ROMÁN  
INTERESADO : ARMANDO RAEL GARAY VELASQUEZ  
MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA  
MUESTREO : 23/06/2022, por el interesado  
ANÁLISIS : 23/06/2022  
COD. MUESTRA : B009-000367

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

ASPECTO : Líquida  
COLOR : Incoloro  
OLOR : Inodoro

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

pH : 6.90  
Temperatura : 15.00 °C  
Conductividad Eléctrica : 1194.00  $\mu$ S/cm

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

Dureza Total como CaCO <sub>3</sub>	:	643.68	mg/L
Alcalinidad como CaCO <sub>3</sub>	:	399.88	mg/L
Cloruros como Cl <sup>-</sup>	:	351.88	mg/L
Fosfatos como PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	:	1.22	mg/L
Nitratos como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	:	52.80	mg/L
Nitrógeno amoniacal	:	175.09	mg/L
Calcio como Ca <sup>++</sup>	:	223.16	mg/L
Magnesio como Mg <sup>++</sup>	:	20.84	mg/L
Demanda bioquímica de oxígeno	:	0.00	mg/L
Sólidos Totales	:	700.00	mg/L
Porcentaje de salinidad	:	5.97	%
Turbidez	:	0.15	NTU

**INTERPRETACIÓN**

I.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental para acuicultura, según D.S. 004- 2017-MINAM, excepto los sulfatos, la dureza y el nitrógeno amoniacal.

Puno, C.U. 18 de octubre del 2022.

VºBº

*LSP*

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FIG. - UNAP - CUP - 1022190



Walther B. Apaza Aragón, Ph.D.  
DECANO - UNAP - PUNO



Nº 001732

LQ - 2022

## Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de AGUAS: MUESTRA 02

PROCEDENCIA : MUESTRA 02, I.E.P. 70604 NESTOR CACERES VELÁSQUEZ, URBANIZACIÓN NESTOR CACERES VELÁSQUEZ- CIUDAD JULIACA-SAN ROMÁN  
PROYECTO : EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA), EN POZOS SUBTERRÁNEOS DE TRES CENTROS EDUCATIVOS DE LA URBANIZACIÓN NESTOR CACERES VELÁSQUEZ- CIUDAD DE JULIACA-SAN ROMÁN  
INTERESADO : ARMANDO RAEL GARAY VELASQUEZ  
MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA  
MUESTREO : 24/08/2022, por el interesado  
ANÁLISIS : 24/08/2022  
COD. MUESTRA : B009-000366

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

ASPECTO : Líquido  
COLOR : Incoloro  
OLOR : Inodoro

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

pH : 7.27  
Temperatura : 15.00 °C  
Conductividad Eléctrica : 781.00 µS/cm

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

Dureza Total como CaCO <sub>3</sub>	:	854.20	mg/L
Alcalinidad como CaCO <sub>3</sub>	:	270.30	mg/L
Cloruros como Cl <sup>-</sup>	:	439.85	mg/L
Fosfatos como PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	:	1.03	mg/L
Nitratos como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	:	50.80	mg/L
Nitrógeno amoniacal	:	530.00	mg/L
Calcio como Ca <sup>++</sup>	:	174.25	mg/L
Magnesio como Mg <sup>++</sup>	:	20.35	mg/L
Demanda bioquímica de oxígeno	:	0.00	mg/L
Sólidos Totaes	:	264.00	mg/L
Porcentaje de salinidad	:	0.30	%
Turbidez	:	0.11	NTU

**INTERPRETACIÓN**

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental para acuicultura, según D.S. 004- 2017-MINAM, excepto los sulfatos, la dureza y el nitrógeno amoniacal.

Puno, C.U. 18 de octubre del 2022.

VºBº

*LSP*

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FIQ - UNA - CIP - 162293



*Walther B. Zapata*  
DECANO - FIQ - UNA



LQ - 2023 001890

## Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de AGUAS: MUESTRA 02

**PROCEDENCIA** : MUESTRA 02, I.E.P. 70604 NESTOR CACERES VELÁSQUEZ, URBANIZACIÓN NESTOR CACERES VELÁSQUEZ- CIUDAD JULIACA-SAN ROMÁN

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA), EN POZOS SUBTERRANEOS DE TRES CENTROS EDUCATIVOS- URBANIZACIÓN NESTOR CACERES VELÁSQUEZ- CIUDAD JULIACA-SAN ROMÁN

**INTERESADO** : ARMANDO RAE GARAY VELASQUEZ

**MOTIVO** : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA

**MUESTREO** : 03/01/2023, por el interesado

**ANÁLISIS** : 03/01/2023

**COD. MUESTRA** : B009-000400

### CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:

**ASPECTO** : Líquido  
**COLOR** : Incoloro  
**OLOR** : Inodoro

### CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

**pH** : 6.03  
**Temperatura** : 15.00 °C  
**Conductividad Eléctrica** : 776.00 µS/cm

### CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

**Dureza Total como CaCO<sub>3</sub>** : 762.68 mg/L  
**Alcalinidad como CaCO<sub>3</sub>** : 232.65 mg/L  
**Cloruros como Cl<sup>-</sup>** : 197.94 mg/L  
**Fosfatos como PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>** : 1.02 mg/L  
**Nitratos como NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : 50.50 mg/L  
**Nitrógeno amoniacal** : 483.00 mg/L  
**Calcio como Ca<sup>++</sup>** : 186.77 mg/L  
**Magnesio como Mg<sup>++</sup>** : 71.89 mg/L  
**Demanda bioquímica de oxígeno** : 0.00  
**Sólidos Totales** : 250.00 mg/L  
**Porcentaje de salinidad** : 0.30 %  
**Turbidez** : 0.49 NTU

### INTERPRETACIÓN

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental para acuicultura, según D.S. 004- 2017-MINAM, excepto los sulfatos, la dureza y el nitrógeno amoniacal.

Puno, C.U. 11 de enero del 2023.

VºBº

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FIG - UNA - 01P - 182293



Walter B. Aranda Aragón, Ph.D.  
DECANO FIG-UNA



## ANEXO A.3. ANÁLISIS DE LA I.E.S. INCA GARCILASO DE LA VEGA



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



LQ - 2022  
N° 001735

# Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de AGUAS: MUESTRA 03

PROCEDENCIA : MUESTRA 03, I.E.S. INCA GARCILASO DE LA VEGA, URBANIZACIÓN NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ- CIUDAD JULIACA-SAN ROMÁN  
PROYECTO : EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA), EN POZOS SUBTERRÁNEOS DE TRES CENTROS EDUCATIVOS DE LA URBANIZACIÓN NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ- CIUDAD DE JULIACA-SAN ROMÁN  
INTERESADO : ARMANDO RUEL GARAY VELASQUEZ  
MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA  
MUESTREO : 30/05/2022, por el interesado  
ANÁLISIS : 30/05/2022  
COD. MUESTRA : B009-000330

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

ASPECTO : Líquido  
COLOR : Incoloro  
OLOR : Inodoro

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

pH	:	7.36	
Temperatura	:	15.00 °C	
Conductividad Eléctrica	:	1240.00 $\mu$ S/cm	
<b>CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS</b>			
Dureza Total como CaCO <sub>3</sub>	:	1144.32	mg/L
Alcalinidad como CaCO <sub>3</sub>	:	420.68	mg/L
Cloruros como Cl <sup>-</sup>	:	315.90	mg/L
Fosfatos como PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	:	1.39	mg/L
Nitratos como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	:	9.10	mg/L
Nitrógeno amoniacal	:	2550.00	mg/L
Calcio como Ca <sup>++</sup>	:	276.16	mg/L
Magnesio como Mg <sup>++</sup>	:	63.97	mg/L
Demanda bioquímica de oxígeno	:	0.00	mg/L
Sólidos Totales	:	291.00	mg/L
Porcentaje de salinidad	:	0.30	%
Turbidez	:	<5	NTU

**INTERPRETACIÓN**

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental para acuicultura, según D.S. 004- 2017-MINAM, excepto la dureza y el nitrógeno amoniacal

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

VºBº

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FIG - 10543 - COP - 180206



Walther B. Aparicio Angulo Ph.D.  
DECANO - FQQUA



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



Nº 001737  
LQ - 2022

## Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de AGUAS: MUESTRA 03

**PROCEDENCIA** : MUESTRA 03, I.E.S. INCA GARCILASO DE LA VEGA, URBANIZACIÓN NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ- CIUDAD JULIACA-SAN ROMÁN  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA), EN POZOS SUBTERRÁNEOS DE TRES CENTROS EDUCATIVOS DE LA URBANIZACIÓN NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ- CIUDAD DE JULIACA-SAN ROMÁN  
**INTERESADO** : ARMANDO RAEI GARAY VELASQUEZ  
**MOTIVO** : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA  
**MUESTREO** : 23/06/2022, por el interesado  
**ANÁLISIS** : 23/06/2022  
**COD. MUESTRA** : B009-000367

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

**ASPECTO** : Líquido  
**COLOR** : Incoloro  
**OLOR** : Inodoro

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

**pH** : 7.72  
**Temperatura** : 15.00 °C  
**Conductividad Eléctrica** : 1886.00 µS/cm

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

**Dureza Total como CaCO<sub>3</sub>** : 1232.16 mg/L  
**Alcalinidad como CaCO<sub>3</sub>** : 332.08 mg/L  
**Cloruros como Cl<sup>-</sup>** : 495.84 mg/L  
**Fosfatos como PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>** : 1.92 mg/L  
**Nitratos como NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : 40.01 mg/L  
**Nitrógeno amoniacal** : 1780.00 mg/L  
**Calcio como Ca<sup>++</sup>** : 314.04 mg/L  
**Magnesio como Mg<sup>++</sup>** : 27.16 mg/L  
**Demanda bioquímica de oxígeno** : 0.00 mg/L  
**Sólidos Totales** : 1100.00 mg/L  
**Porcentaje de salinidad** : 9.61 %  
**Turbidez** : 0.04 NTU

**INTERPRETACIÓN**

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad No cumplen con los Estándares de calidad ambiental para acuicultura, según D.S. 004- 2017-MINAM, exceden los parámetros dureza, iones sulfato, y el Nitrógeno Amoniacal

Puno, C.U. 18 de octubre del 2022.

VºBº

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FIQ - UNA - CEP - 18280



Walther B. Aponcha, Ph.D.  
DECANO - FIQ - UNA



Nº 001731

LQ - 2022

## Certificado de Análisis

**ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUAS: MUESTRA 03**

PROCEDENCIA : MUESTRA 03, I.E.S. INCA GARCILASO DE LA VEGA, URBANIZACIÓN NESTOR CACERES VELÁSQUEZ- CIUDAD JULIACA-SAN ROMÁN  
PROYECTO : EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA), EN POZOS SUBTERRÁNEOS DE TRES CENTROS EDUCATIVOS DE LA URBANIZACIÓN NESTOR CACERES VELÁSQUEZ- CIUDAD DE JULIACA-SAN ROMÁN  
INTERESADO : ARMANDO RAEL GARAY VELASQUEZ  
MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA  
MUESTREO : 24/08/2022, por el interesado  
ANÁLISIS : 24/08/2022  
COD. MUESTRA : B009-000366

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

ASPECTO : Líquido  
COLOR : Incoloro  
OLOR : Inodoro

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

pH : 6.84  
Temperatura : 15.00 °C  
Conductividad Eléctrica : 1261.00 µS/cm

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

Dureza Total como CaCO<sub>3</sub> : 1572.20 mg/L  
Alcalinidad como CaCO<sub>3</sub> : 304.30 mg/L  
Cloruros como Cl<sup>-</sup> : 719.80 mg/L  
Fosfatos como PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> : 1.20 mg/L  
Nitratos como NO<sub>3</sub> : 30.90 mg/L  
Nitrógeno amoniacal : 1010.00 mg/L  
Calcio como Ca<sup>++</sup> : 245.90 mg/L  
Magnesio como Mg<sup>++</sup> : 46.54 mg/L  
Demanda bioquímica de oxígeno : 0.00 mg/L  
Sólidos Totales : 453.00 mg/L  
Porcentaje de salinidad : 0.50 %  
Turbidez : 1.28 NTU

**INTERPRETACIÓN**

L- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad No cumplen con los Estándares de calidad ambiental para acuicultura, según D.S. 004- 2017-MINAM, exceden los parámetros dureza, iones sulfato, y el Nitrógeno Amoniacal

Puno, C.U. 18 de octubre del 2022.

VºBº

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
PIQ - UNP - LQ - 122333



Walter B. Espinoza, Ph.D.  
DECANO - FICQ - UNP



Nº 001891

LQ - 2023

## Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de AGUAS: MUESTRA 03

**PROCEDENCIA** : MUESTRA 03, I.E.S. INCA GARCILASO DE LA VEGA, URBANIZACIÓN NESTOR CACERES VELÁSQUEZ- CIUDAD JULIACA-SAN ROMÁN

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA), EN POZOS SUBTERRÁNEOS DE TRES CENTROS EDUCATIVOS- URBANIZACIÓN NESTOR CACERES VELÁSQUEZ- CIUDAD JULIACA-SAN ROMÁN

**INTERESADO** : ARMANDO RAEL GARAY VELASQUEZ

**MOTIVO** : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA

**MUESTREO** : 03/01/2023, por el interesado

**ANÁLISIS** : 03/01/2023

**COD. MUESTRA** : B009-000401

### CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:

**ASPECTO** : Líquido  
**COLOR** : Incoloro  
**OLOR** : Inodoro

### CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

**pH** : 6.38  
**Temperatura** : 15.00 °C  
**Conductividad Eléctrica** : 1325.00  $\mu\text{S}/\text{cm}$

### CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

**Dureza Total como  $\text{CaCO}_3$**  : 1080.40 mg/L  
**Alcalinidad como  $\text{CaCO}_3$**  : 277.18 mg/L  
**Cloruros como Cl** : 397.88 mg/L  
**Fosfatos como  $\text{PO}_4^{3-}$**  : 1.16 mg/L  
**Nitratos como  $\text{NO}_3^-$**  : 20.30 mg/L  
**Nitrógeno amoniacal** : 823.50 mg/L  
**Calcio como  $\text{Ca}^{++}$**  : 239.50 mg/L  
**Magnesio como  $\text{Mg}^{++}$**  : 117.06 mg/L  
**Demanda bioquímica de oxígeno** : 0.00  
**Sólidos Totales** : 660.00 mg/L  
**Porcentaje de salinidad** : 0.70 %  
**Turbidez** : 3.52 NTU

### INTERPRETACIÓN

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad No cumplen con los Estándares de calidad ambiental para acuicultura, según D.S. 004- 2017-MINAM, exceden los parámetros dureza, iones sulfato, y el Nitrógeno Anoniacal

Puno, C.U. 11 de enero del 2023.

VºBº

*LSP*

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FIQ - UNA - CEP - 182263



*Wagner B. Aragón*  
Wagner B. Aragón, Ph.D.  
DECANO FIO - UNA



ANEXO A.4. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS



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



LQ-2022  
Nº 001734

## Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis MICROBIOLÓGICO de AGUAS

PROCEDENCIA : CIUDAD JULIACA-SAN ROMÁN  
PROYECTO : EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA), EN POZOS SUBTERRÁNEOS DE TRES CENTROS EDUCATIVOS DE LA URBANIZACIÓN NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ- CIUDAD DE JULIACA-SAN ROMÁN  
INTERESADO : ARMANDO RAEI GARAY VELASQUEZ  
MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA  
MUESTREO : 30/05/2022, por el interesado  
ANÁLISIS : 30/05/2022  
COD. MUESTRA : B009-000330

RESULTADOS DE MUESTRA	BACTERIAS COLIFORMES TOTALES	COLIFORMES FECALES	UNIDAD	METODO ANALITICO
MUESTRA 01: I.E.I. 367 SATELITE	<1.00	<1.00	NMP/100ml	NMP/100ml
MUESTRA 02: I.E.P. 70604 NESTOR CACERES VELÁSQUEZ	<1.00	<1.00	NMP/100ml	NMP/100ml
MUESTRA 03: I.E.S. INCA GARCILASO DE LA VEGA	<1.00	<1.00	NMP/100ml	NMP/100ml

### INTERPRETACIÓN

Los parámetros microbiológico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA.

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

VºBº

ING. LUZ MARINA TEVES PUNO  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FIG - UNVA - QP - 102093



Walter B. Aparicio  
DECANO DE UNVA



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



Nº 001739  
LQ - 2022

## Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis MICROBIOLÓGICO de AGUAS

PROCEDENCIA : MUESTRA 01, I.E.I. 367 SATELITE, URBANIZACIÓN NESTOR CACERES VELÁSQUEZ- CIUDAD JULIACA-SAN ROMÁN  
PROYECTO : EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA), EN POZOS SUBTERRÁNEOS DE TRES CENTROS EDUCATIVOS DE LA URBANIZACIÓN NESTOR CACERES VELÁSQUEZ- CIUDAD DE JULIACA-SAN ROMÁN  
INTERESADO : ARMANDO RAEI GARAY VELASQUEZ  
MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA  
MUESTREO : 23/06/2022, por el interesado  
ANÁLISIS : 23/06/2022  
COD. MUESTRA : 8009-000367

RESULTADOS DE MUESTRA	BACTERIAS COLIFORMES TOTALES	COLIFORMES FECALES	UNIDAD	METODO ANALITICO
MUESTRA 01: I.E.I. 367 SATELITE	<1.00	<1.00	NMP/100ml	NMP/100ml
MUESTRA 02: I.E.P. 70604 NESTOR CACERES VELÁSQUEZ	<1.00	<1.00	NMP/100ml	NMP/100ml
MUESTRA 03: I.E.S. INCA GARCILASO DE LA VEGA	<1.00	<1.00	NMP/100ml	NMP/100ml

### INTERPRETACIÓN

Los parámetros microbiológico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA.

Puno, C.U. 18 de octubre del 2022.

VºBº

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FIG - UNIA - CIP - 192305



Walther B. Aparicio  
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA



Nº 001730

LQ - 2022

## Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis MICROBIOLÓGICO de AGUAS

PROCEDENCIA : MUESTRA 01, I.E.I. 367 SATELITE, URBANIZACIÓN NESTOR CACERES VELÁSQUEZ- CIUDAD JULIACA-SAN ROMÁN  
PROYECTO : EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA), EN POZOS SUBTERRÁNEOS DE TRES CENTROS EDUCATIVOS DE LA URBANIZACIÓN NESTOR CACERES VELÁSQUEZ- CIUDAD DE JULIACA-SAN ROMÁN  
INTERESADO : ARMANDO RAEL GARAY VELASQUEZ  
MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA  
MUESTREO : 24/08/2022, por el interesado  
ANÁLISIS : 24/08/2022  
COD. MUESTRA : B009-000366

RESULTADOS DE MUESTRA	BACTERIAS COLIFORMES TOTALES	COLIFORMES FECALES	UNIDAD	METODO ANALITICO
MUESTRA 01: I.E.I. 367 SATELITE	<1.00	<1.00	NMP/100ml	NMP/100ml
MUESTRA 02: I.E.P. 70604 NESTOR CACERES VELÁSQUEZ	<1.00	<1.00	NMP/100ml	NMP/100ml
MUESTRA 03: I.E.S. INCA GARCILASO DE LA VEGA	<1.00	<1.00	NMP/100ml	NMP/100ml

**INTERPRETACIÓN**

Los parámetros microbiológico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA.

Puno, C.U. 18 de octubre del 2022.

VºBº

  
ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FIG - UNA - CPF - 182902



  
Walther B. Aparicio  
DECANO - FIG - UNA



Nº 001892

LQ - 2023

## Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis MICROBIOLÓGICO de AGUAS

**PROCEDENCIA** : MUESTRA 01, I.E.I. 367 SATELITE, URBANIZACIÓN NESTOR CACERES VELÁSQUEZ- CIUDAD JULIACA-SAN ROMÁN

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA), EN POZOS SUBTERRANEOS DE TRES CENTROS EDUCATIVOS- URBANIZACIÓN NESTOR CACERES VELÁSQUEZ- CIUDAD JULIACA-SAN ROMÁN

**INTERESADO** : ARMANDO RAEI GARAY VELASQUEZ

**MOTIVO** : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA

**MUESTREO** : 03/01/2023, por el interesado

**ANÁLISIS** : 03/01/2023

**COD. MUESTRA** : B009-000401

RESULTADOS DE MUESTRA	BACTERIAS COLIFORMES TOTALES	COLIFORMES FECALES	UNIDAD	METODO ANALITICO
Muestra 01	<1.00	<1.00	NMP/100ml	NMP/100ml
Muestra 02	<1.00	<1.00	NMP/100ml	NMP/100ml
Muestra 03	<1.00	<1.00	NMP/100ml	NMP/100ml

### INTERPRETACIÓN

Los parámetros microbiológicos analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. Nº 031-2010-SA.

Puno, C.U. 11 de enero del 2023.

vºBº

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FID - UNA - CIP - 182983



Walther B. Aragon, Ph.D.  
DECANO - FID - UNA

## **Anexo 2. FOTOGRAFIAS DE LAS TOMAS DE MUESTRAS**

Figura B.1 Toma de muestra en la I.E.I. 367 Satellite



Figura B.2 Toma de muestra en la I.E.P. 70604 Nestor Caceres Velasquez



Figura B.3 Toma de muestra en la I.E.S. Inca Garcilaso de la Vega





### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Armando Rael Garay Velasquez  
identificado con DNI 42532713 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
Ingeniería Química

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:  
" Evaluación del índice de calidad del agua (CCA), en pozos subterráneos de  
tres centros educativos de la urbanización Néstor Cáceres Velásquez -  
ciudad de Juliaca-San Román "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 14 de Mayo del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Armundo Rael Garay Velasquez identificado con DNI 42532733 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Química

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

- Evaluación del índice de calidad del agua (ICA), en pozos subterráneos de tres centros educativos de la Urbanización Néstor Cáceres Velásquez - ciudad de Juliaca - San Román

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

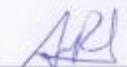
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 34 de Mayo del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella