



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

## ESCUELA DE POSGRADO

### MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA QUÍMICA



#### TESIS

### ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DE AGUA (IRCA) DEL AFLUENTE RÍO AZÁNGARO EN EL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN EN LA EPS NOR-PUNO S.A. AZÁNGARO

PRESENTADA POR:

KEVIN MICKHAIL TICONA AÑAZCO

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

CON MENCIÓN EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

PUNO, PERÚ

2023

## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DE AGUA (IRCA) DEL AFLUENTE RÍO AZÁNGARO EN EL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN**

AUTOR

**KEVIN MICKHAIL TICONA AÑAZCO**

RECuento DE PALABRAS

**36400 Words**

RECuento DE CARACTERES

**184332 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**199 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**12.2MB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 13, 2023 2:31 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 13, 2023 2:33 PM GMT-5**


### ● 11% de similitud general

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

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

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

  
Dr. NORBERTO S. MIRANDA ZEA  
INGENIERO QUIMICO  
CIP. 17616



Resumen



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

## ESCUELA DE POSGRADO

### MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA QUÍMICA



#### TESIS

### ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DE AGUA (IRCA) DEL AFLUENTE RÍO AZÁNGARO EN EL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN EN LA EPS NOR-PUNO S.A. AZÁNGARO

PRESENTADA POR:

KEVIN MICKHAIL TICONA AÑAZCO

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

CON MENCIÓN EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

PRESIDENTE

.....  
Dra. MYRIAM EUGENIA PACHECO TANAKA

PRIMER MIEMBRO

.....  
M.Sc. MARLEN YOVANNA VALENCIA PACHO

SEGUNDO MIEMBRO

.....  
M.Sc. JORGE ARHUANCA CARTAGENA

ASESOR DE TESIS

.....  
D.Sc. NORBERTO SIXTO MIRANDA ZEA

Puno, 14 de julio de 2023

**ÁREA:** Investigación

**TEMA:** Calidad de Agua en Sistema de Potabilización

**LÍNEA:** Recursos Naturales y Medio Ambiente



## DEDICATORIA

A nuestro altísimo creador por concederme la hermosa oportunidad de vivir, fortalecer mi corazón e iluminar mi mente para culminar esta etapa en mi vida.

A mis amados padres Omar y Magda, por ser la luz que guía e ilumina mi camino en cada paso que doy, para poder seguir adelante y lograr una meta más en mi vida profesional, porque siempre me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

A mis hermanos Jorge, Magdiell por el apoyo moral a lo largo de la elaboración de mi tesis.

A todas las personas que nos brindaron su apoyo e hicieron posible que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.



## AGRADECIMIENTOS

A Dios por estar conmigo en todo momento, por ser mi guía, mi fortaleza en momentos de debilidad, por brindarme una vida llena de aprendizajes, por permitirme continuar y lograr mis objetivos.

A la Escuela de Posgrado, Maestría en Ciencias de Ingeniería Química, Mención en Seguridad Industrial y Ambiental de la Universidad Nacional del Altiplano, por haber integrado parte de ella; así mismo agradezco al laboratorio analíticos del sur-Arequipa.

De manera sincera al Dr. Norberto Sixto Miranda Zea, por su asesoramiento, apoyo, confianza y por haberme facilitado los medios suficientes para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A los señores Miembros del Jurado de Tesis: Dra. Myrian Eugenia Pacheco Tanaka, M.Sc. Marleni Yovanna Valencia Pacho y M.Sc. Jorge Arhuanca Cartagena, por los aportes y sugerencias para el desarrollo y culminación de la presente investigación.

Y por último agradezco a mis amigos, amigas y a mis colegas ingenieros por haberme alentado para poder realizar y culminar la presente tesis.



## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1

### CAPÍTULO I

#### REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico	3
1.1.1. Propiedades físico-químicas de las aguas	6
1.1.1.1. Propiedades físicas	6
1.1.1.2. Propiedades químicas	7
1.1.2. Parámetros físico químico y bacteriológico en el Índice de Riesgo del Agua	9
1.1.3. Medida de contaminantes orgánicos en el agua	11
1.1.4. Marco conceptual	13
1.1.5. Tipos de vulnerabilidad	16
1.2. Antecedentes	21

### CAPÍTULO II

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema	28
2.2. Enunciados del problema	29
2.2.1. Pregunta general	29
2.2.2. Preguntas específicas	30
2.3. Justificación	30
2.4. Objetivos	31
2.4.1. Objetivo general	31
2.4.2. Objetivos específicos	32
2.5. Hipótesis	32



2.5.1. Hipótesis general	32
2.5.2. Hipótesis específicas	32

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1. Lugar de estudio	34
3.2. Población	36
3.3. Muestra	36
3.4. Método de investigación	36
3.4.1. Protocolo de muestreo, transporte y conservación de muestras de agua con fines para consumo humano	36
3.4.2. Recopilación de información	38
3.4.3. Parámetros mínimos recomendados para el monitoreo de la calidad de recursos hídricos superficiales	39
3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	41
3.5.1. Materiales, equipos y reactivos	41
3.5.2. Parámetros recomendados para el monitoreo de la calidad del agua de los recursos hídricos superficiales	42
3.5.3. Caracterización de parámetros físico-químicos y microbiológicos de aguas del río Azángaro	42
3.5.4. Evaluación de amenazas o peligros de la calidad del agua para consumo humano	43
3.5.5. Evaluación de la vulnerabilidad y la calidad del agua para consumo humano	46
3.5.6. Índice de Riesgo Sanitario de la Calidad del Agua para consumo humano (IRCA)	50

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Parámetros recomendados para el monitoreo de la calidad de recursos hídricos superficiales	54
4.2. Análisis de amenazas	55
4.2.1. Evaluación de amenazas	55
4.3. Análisis de la vulnerabilidad	59
4.3.1. Evaluación de la vulnerabilidad	60
4.4. Identificación de amenazas y vulnerabilidad en la calidad de agua para consumo humano de la sub cuenca rio Azángaro	63



4.4.1. Análisis de amenazas	63
4.4.2. Análisis de vulnerabilidad	66
4.5. Calificación del nivel de riesgo por amenazas y vulnerabilidad en la calidad de agua para consumo humano de la sub cuenca del río Azángaro	69
4.6. Índice de Riesgo Sanitario de la Calidad del Agua para consumo humano (IRCA)	71
4.7. Evaluación del Índice de Riesgo Sanitario de la Calidad del Agua para consumo humano (IRCA) en la sub cuenca del rio Azángaro	73
4.8. Resultados de la evaluación de parámetros físico-químicos y microbiológicos de aguas de la sub cuenca rio Azángaro, para determinación del IRCA	75
4.9. Resultados de la evaluación de los Limites Máximo Permisibles de los parámetros físico-químicos y microbiológicos de aguas de la sub cuenca del rio Azángaro	79
4.10. Evaluación de parámetros físico-químicos y microbiológicos de aguas de la sub cuenca río Azángaro, para determinar el IRCA - Sanitario	90
4.11. Discusión de los resultados	105
4.11.1. Índice de Riesgo de la Calidad de Agua IRCA – Sanitario, para consumo humano en las tres zonas de estudios de la sub cuenca del rio Azángaro	105
4.11.2. Análisis estadístico de diferencia de medias del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua para consumo humano (IRCA) obtenidos, en las tres zonas de estudios, de la sub cuenca del rio Azángaro	107
4.11.3. Nivel del Límite Máximo Permisible de la calidad del agua (LMP) total, por parámetros físico-químicos y microbiológicos de aguas de la sub cuenca del rio Azángaro, deben ser sometidos a tratamiento previo a la suministro para consumo humano en la ciudad de Azángaro	111
CONCLUSIONES	114
RECOMENDACIONES	115
BIBLIOGRAFIA	116
ANEXOS	124



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1. Límites Máximo Permisibles de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos	20
2. Límites Máximo Permisibles de parámetros microbiológicos	21
3. Clasificación de las aguas de acuerdo con el ICA	27
4. Parámetros mínimos recomendados para el monitoreo de la calidad de recursos hídricos superficiales	39
5. Identificación de amenazas para la calidad de agua de consumo humano de la subcuenca del río Azángaro para pre-captación, captación, planta de tratamiento-redes de distribución de agua potable	45
6. Identificación de vulnerabilidades de la calidad de agua de la subcuenca río Azángaro en zonas de pre-captación, bocatoma y tratamiento de agua potable para consumo humano	47
7. Matriz de calificación de amenazas y vulnerabilidades	49
8. Matriz para la categorización de riesgo en función del análisis de amenaza y vulnerabilidad de la calidad del agua para consumo humano	50
9. Valores Máximo Admisibles (VMA) – Límite Máximo Permisible (LMP), para el agua y puntaje del Índice de Riesgo del Agua (IRCA)	52
10. Clasificación del nivel de riesgo Sanitario del agua suministrada para consumo humano	53
11. Evaluación del Índice de Riesgo Sanitario mediante parámetros físico químicos y microbiológicos de la calidad de agua superficial para consumo humano en la ciudad de Azángaro. Evaluación del Índice de Riesgo Sanitario mediante parámetros físico químicos y microbiológicos de la calidad de agua superficial para consumo humano en la ciudad de Azángaro	55
12. Matriz de calificación y respuestas a amenazas y vulnerabilidades	56
13. Matriz de evaluación para la identificación de amenazas en la calidad de agua para consumo humano de la subcuenca río Azángaro	57
14. Matriz de identificación de vulnerabilidad de la calidad de agua de la subcuenca río Azángaro en áreas de pre-captación, captación y tratamiento de agua potable para consumo humano	61
15. Identificación de amenazas en la calidad de agua para consumo humano de la subcuenca río Azángaro	64

16. Identificación de vulnerabilidad en la calidad de agua para consumo humano de la sub cuenca rio Azángaro	67
17. Matriz para la categorización de riesgo en función de análisis de amenaza y vulnerabilidad del agua para consumo humano	70
18. Valores máximo aceptables para el agua y puntaje del Índice de Riesgo del Agua (IRCA)	72
19. Clasificación del nivel del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua suministrada para consumo humano	73
20. Parámetros físico-químicos evaluada in situ	75
21. Parámetros físico-químicos y microbiológicos para análisis en laboratorio	75
22. Evaluación de parámetros físico-químicos y microbiológicos de aguas de la sub cuenca rio Azángaro para determinar el IRCA - Sanitario - zona pre captación - sector “Juntuma” (M1)	76
23. Evaluación de parámetros físico-químicos y microbiológicos de aguas de la sub cuenca rio Azángaro para determinar el IRCA - Sanitario de la zona y sector “captación EPS Nor-Puno S.A.” (M2)	77
24. Evaluación de parámetros físico-químicos y microbiológicos de aguas sub cuenca rio Azángaro para determinar el IRCA - Sanitario en la zona “Planta de potabilización - Desinfección físico-químico” del agua (M3)	78
25. Determinación del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA - Sanitario de aguas para consumo humano de la sub cuenca rio Azángaro de la zona pre-captación - sector “Juntuma” (E1M1)	91
26. Determinación del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA - Sanitario de aguas para consumo humano de la sub cuenca rio Azángaro de la zona de pre-captación - sector “Juntuma” (E2M1)	92
27. Determinación del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA - Sanitario de aguas para consumo humano de la sub cuenca rio Azángaro de la zona de pre-captación - sector “Juntuma” (E3M1)	93
28. Determinación del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA - Sanitario de aguas para consumo humano de la sub cuenca rio Azángaro de la zona de pre-captación - sector “Juntuma” (E4M1)	94
29. Clasificación del nivel de Índice de Riesgo de la Calidad de Agua IRCA–Sanitario para consumo humano de la zona de pre-captación - sector “Juntuma” (M1)	95



30.	Determinación del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA - Sanitario de aguas para consumo humano de la sub cuenca rio Azángaro de la zona – sector “captación EPS Nor-Puno S.A.” (E1M2)	96
31.	Determinación del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA - Sanitario de aguas para consumo humano de la sub cuenca rio Azángaro de la zona – sector “captación EPS Nor-Puno S.A.” (E2M2)	97
32.	Determinación del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA - Sanitario de aguas para consumo humano de la sub cuenca rio Azángaro de la zona – sector “captación EPS Nor-Puno S.A.” (E3M2)	98
33.	Determinación del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA - Sanitario de aguas para consumo humano de la sub cuenca rio Azángaro de la zona – sector “captación EPS Nor-Puno S.A.” (E4M2)	99
34.	Clasificación del nivel del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua IRCA - suministrada para consumo humano zona captación EPS Nor-Puno S.A.” (M2)	100
35.	Determinación del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua IRCA - Sanitario de aguas para consumo humano de la sub cuenca rio Azángaro de la zona “Planta de potabilización - Desinfección físico-químico” del agua (E1M3)	101
36.	Determinación del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA - Sanitario de aguas para consumo humano de la sub cuenca rio Azángaro de la zona “Planta de potabilización - Desinfección físico-químico” del agua (E2M3)	102
37.	Determinación del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA - Sanitario de aguas para consumo humano de la sub cuenca rio Azángaro de la zona “Planta de potabilización - desinfección físico-químico” del agua (E3M3)	103
38.	Determinación del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA - Sanitario de aguas para consumo humano de la sub cuenca rio Azángaro de la zona “Planta de potabilización - desinfección físico-químico” del agua (E4M3)	104
39.	Clasificación del nivel del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua IRCA - suministrada para consumo humano de la zona de la “Planta de potabilización - desinfección físico-químico” del agua (M3)	105
40.	El Índice de Riesgo de la Calidad de Agua IRCA – Sanitario para consumo humano en las tres zonas de estudios de la sub cuenca del rio Azángaro	106
41.	Estadística descriptiva	108
42.	Anova	109
43.	Comparaciones	110



44. Determinación del nivel del Límite Máximo Permisible (LMP) total mediante parámetros físico-químicos y microbiológicos de aguas de la sub cuenca rio Azángaro suministrada para consumo humano de la ciudad de Azángaro 112
45. Clasificación del nivel del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua IRCA Sanitario total global de las tres zonas de estudio de la sub cuenca del rio Azángaro 113

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1. Ubicación de la sub cuenca del río Azángaro y puntos de muestreo	35
2. Ubicación de los puntos de muestreo de aguas	40
3. Muestreo M1	40
4. Muestreo M2 y M3	41
5. Descripción de amenazas en la calidad de agua para consumo humano de la Sub cuenca rio Azángaro	66
6. Descripción de la vulnerabilidad en la calidad de agua para consumo humano de la sub cuenca río Azángaro	69
7. Parámetro físico-químicos, temperatura en °C, en la cuenca del rio Azángaro	79
8. Parámetro físico-químicos de pH en la sub cuenca rio Azángaro	79
9. Parámetro físico-químico del Oxígeno disuelto mg. L-1 en la sub cuenca del rio Azángaro	80
10. Parámetro físico-químicos conductividad eléctrica C.e. $\mu\text{c. cm}^{-1}$ en la sub cuenca del rio Azángaro	81
11. Parámetro físico-químicos, Sólidos Totales Disueltos (STD) en la sub cuenca del rio Azángaro	81
12. Parámetro físico-químicos, salinidad en la sub cuenca rio Azángaro	82
13. Parámetro físico-químicos, Turbiedad (NTU) en la sub cuenca rio Azángaro	83
14. Parámetro físico-químicos, nitratos en la sub cuenca rio Azángaro	84
15. Parámetro de Fosforo (P) en la sub cuenca del rio Azángaro	84
16. Parámetro físico-químico de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) en la sub cuenca rio Azángaro	85
17. Parámetro de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en la sub cuenca del rio Azángaro	86
18. Parámetro de Arsénico (As) en la sub cuenca del rio Azángaro	86
19. Parámetro físico-químicos del Cobre (Cu) en la sub cuenca rio Azángaro	87
20. Parámetro físico-químicos del Plomo (Pb) en la sub cuenca rio Azángaro	88
21. Parámetro microbiológico de coliformes totales en la sub cuenca del rio Azángaro	89
22. Parámetro microbiológico de coliformes termotolerables en la sub cuenca del rio Azángaro	90



<b>23.</b> Índice de Riesgo de la Calidad de Agua IRCA - Sanitario en las tres zonas de estudio	106
<b>24.</b> Diagrama de cajas de los IRCAs de las zonas de estudio	108



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
1. Ensayo 1 y análisis físico-químicos	125
2. Ensayo 2 y análisis físico-químicos	137
3. Ensayo 3 y análisis físico-químicos	149
4. Ensayo 4 y análisis físico-químicos	161
5. Panel fotográfico	172
6. Datos meteorológicos	179
7. Planos informativos del estudio	181
8. Declaración jurada de autenticidad de tesis	183
9. Autorización para el depósito de tesis o trabajo de investigación en el repositorio institucional	184



## RELACIÓN DE ACRONIMOS

As	: Arsénico
Cu	: Cobre
DTO	: Demanda Total de Oxígeno
DBO	: Demanda Biológica de Oxígeno
DQO	: Demanda Química de Oxígeno
IRCA	: Índice de Riesgo de la Calidad del Agua
LMP	: Límite Máximo Permisible
M+	: Ion metálico o catiónico
NO <sub>3</sub>	: Nitratos
MINAM	: Ministerio del Ambiente
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	: Ortofosfato
Pb	: Plomo
SS	: Sólidos en Suspensión
SSV	: Sólidos en Suspensión Volátiles
STD	: Sólidos Totales Disueltos
STV	: Sólidos Totales Volátiles
VMA	: Valor Máximo Admisible



## RESUMEN

El recurso agua es vital para la supervivencia del hombre y seres vivos, el estudio comprende la identificación de amenazas y vulnerabilidad del recurso hídrico y la relación con el Índice de Riesgo de Calidad de Agua (IRCA). El objetivo es evaluar las amenazas, vulnerabilidad y el IRCA, mediante normas nacionales y el (LMP) físico-químicos y microbiológicos de la sub cuenca de Azángaro. La metodología caracteriza 12 parámetros físicos-químicos y 2 microbiológicos, para las zonas de muestreo, pre-captación (M1), captación (M2) y potabilización (M3). Los resultados; se identificaron por ponderaciones de requisitos técnicos, sanitarios y ambientales, determinándose la vulnerabilidad; 16,70% vulnerabilidad Baja (B) aceptable; 33,30% de vulnerabilidad Media (M) ocasional y vulnerabilidades Alto (A) probable y Muy Alto (MA) frecuente, ambos con 25%; vulnerabilidad debido al incremento de turbiedad por erosión, remoción de terrenos y actividades antropogénicas en la cuenca donde la zona de captación, está con impactos negativos físico químicos y microbiológicos mayores. La evaluación del IRCA–Sanitario, reportan niveles de riesgo de 58,04% para (M1) y 52,76% para (M2) ambos de riesgo Alto, agua no apto para consumo humano y 34,42% para (M3) de riesgo Medio, apto para consumo humano; los niveles de riesgo alto requieren tratamiento físico-químico y microbiológico, para estar dentro de los parámetros del (LMP). Los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua, de (M1), (M2) y (M3), con (LMP) NO APTO (NA); estas aguas requieren tratamiento para mejorar el IRCA, previo al abastecimiento para consumo humano a la ciudad de Azángaro.

**Palabras clave:** Amenaza, calidad del agua, parámetros físico-químicos y microbiológicas, potabilización, índice de riesgo, vulnerabilidad.

## ABSTRACT

The water resource is vital for the man survival and living beings. The research includes the identification of threats and vulnerability of the water resource and the relationship with the Water Quality Risk Index (IRCA). The objective is to evaluate the threats, vulnerability and the IRCA, by means of national standards and the physical-chemical and microbiological (LMP) of Azángaro sub-basin. The methodology characterizes 12 physical-chemical and 2 microbiological parameters for the sampling zones, pre-catchment (M1), catchment (M2) and potabilization (M3). The results were identified by weighting technical, sanitary and environmental requirements, determining vulnerability; 16,70% Low (B) acceptable vulnerability; 33,30% Medium (M) occasional vulnerability and High (A) probable and Very High (VH) frequent vulnerability, both with 25%; vulnerability due to the increase in turbidity due to erosion, land removal and anthropogenic activities in the basin where the catchment area has major negative physical, chemical and microbiological impacts. The IRCA-Sanitary evaluation reports risk levels of 58,04% for (M1) and 52,76% for (M2), both with High risk, water not suitable for human consumption and 34,42% for (M3) with Medium risk, suitable for human consumption; the high risk levels require physical-chemical and microbiological treatment to be within the parameters of the (LMP). The physical-chemical and microbiological water parameters of (M1), (M2) and (M3), with (LMP) NOT APT (NA); these waters require treatment to improve the IRCA, prior to supply for human consumption in Azángaro city.

**Keywords:** Physical-chemical and microbiological parameters, potabilization; risk index, threat, vulnerability, water quality.

## INTRODUCCIÓN

Las características de calidad del agua destinado para consumo humano, es determinante para la salud de la población debido a que ayuda a la prevención y transmisión de enfermedades por el consumo de agua; estas características obedecen a factores de calidad de parámetros físico-químicos y microbiológicos y a la continuidad de servicio de suministro del agua. Santillana S.A. (2015). El control y la vigilancia de la calidad del agua permite tomar decisiones para obtener beneficios para la salud, reduciendo la transmisión de enfermedades por consumo de agua contaminada. D.S.N°007-2010-AG MINAM (2010). Según el informe de la Organización Mundial de la Salud. Truque (2020), indica que en el 2017 a nivel mundial 3 de cada 10 personas carecen de acceso a agua potable disponible en el hogar; en el Perú el Ministerio de Salud, emitió diferentes normas de control, con exigencia a la calidad de los parámetros físico-químicos y microbiológico del agua para consumo humano. Directiva Sanitaria N°058-MINSA/DIGESA (2014), estas normas deben ser implementadas, supervisadas, monitoreadas y controladas, para prever enfermedades en la población a causa del suministro de aguas no tratadas para consumo humano.

El estudio del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA), es la probabilidad para la no ocurrencia de enfermedades conexas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicos del agua para consumo humano, vigilancias que se deben realizar periódicamente a las características del agua y ser controlados para asegurar y preservar la calidad del agua desde su captación, tratamiento y distribución a la comunidad.

La sub cuenca del río Azángaro, es la fuente que abastece agua para consumo humano a la ciudad de Azángaro, proveídos desde la zona de pre-captación (M1), captación (M2) y de la planta de potabilización por la EPS, Nor-Puno S.A. (M3), en este transecto se identificaron y evaluaron las amenazas y vulnerabilidades del recurso hídrico; para las amenazas se consideraron cuatro niveles que cumplan con los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales: Amenaza Baja (B), cumplen en forma integral; Amenaza Media (M), cumplen parcialmente; Amenaza Alta (A), no cumplen y Amenaza Muy Alta (MA), no cumplen con los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales; las evaluaciones reportan valores superiores a la Amenaza Alta. La evaluación de la vulnerabilidad se realizó en las mismas áreas de estudio, mediante la determinación de

variables de “vulnerabilidad ambiental”, que contempla la información de la cantidad y continuidad de la fuente de abasto y la inseguridad física relacionado con eventos naturales que ponen en riesgo la calidad del agua. Las variables de vulnerabilidad sanitaria, contempla el nivel de tratamiento del agua para la potabilización, con control del estado físico de componentes del agua de abastecimiento para consumo humano; para estas variables de vulnerabilidad se consideraron tres niveles de cumplimiento de los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales: Vulnerabilidad Baja (B), cumple íntegramente con los requisitos; Vulnerabilidad Media (M), cumple parcialmente; Vulnerabilidad Alta (A), no cumple y Vulnerabilidad Muy Alta (MA), no cumple con los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales; en la evaluación se reportaron valores superiores a la vulnerabilidad alta; así mismo la evaluación de las vulnerabilidades, se realizaron en función a las actividades contaminantes, sanitarias y ambientales, evaluados por los Límites Máximo Permisibles (LMP) de la calidad ambiental para el agua.

El Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para consumo humano, (IRCA) en la zona de estudio, fueron evaluados mediante los Límites Máximo Permisibles (LMP) de la calidad sanitaria de parámetros físico químicos y microbiológicos de la Calidad Ambiental del Agua (ECA), que previene el riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento del (LMP) de las características físico-químicas y microbiológicas del agua para consumo humano. D.S.N°004-2017-MINAM (2017). El indicador (IRCA), es el resultado de asignar el puntaje de riesgo para cada parámetro físico químico y microbiológico del agua; con los resultados del IRCA obtenidos por muestra, se determinó el nivel de riesgo del agua para consumo humano para la población de la ciudad de Azángaro, bajo responsabilidad técnica de la EPS Nor-Puno S.A. Azángaro. La clasificación de nivel de riesgo del IRCA, se evaluó considerando el % de nivel de riesgo de la calidad del agua: de 80,1 a 100% es enviable sanitariamente; de 35,1 a 80% es de Riesgo Alto; de 14,1 a 35% es de Riesgo Medio; de 5,1 a 14% es de Riesgo Bajo; y de 0 a 5% es sin Riesgo. Resolución N° 2115-Colombia (2007), obteniéndose para la sub cuenca del río Azángaro los niveles de riesgo de IRCA, Alto para (M1) y (M2); y nivel de Riesgo Medio para (M3); estos resultados se deben a la influencia de los (LMP), no aptos, de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de la sub cuenca del río Azángaro, por lo que deben ser sometidos a tratamiento en una planta de potabilización del agua, para ser apto para el consumo humano.

## CAPÍTULO I

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 1.1. Marco teórico

Son innegables los problemas de salud que son ocasionados debido a la baja calidad de agua; frente a esta realidad la Organización Mundial de Salud (OMS) vigila la calidad del agua para el consumo humano y de esta forma ofrecer a la población agua potable de calidad, respaldados por las normas internacionales existentes para la calidad del agua potable, que genéricamente esta estableció en las normas de los water safety plans (planes de seguridad del agua), con el fin de garantizar una óptima calidad del agua desde la fuente de captación, recorriendo por la planta de tratamiento, hasta las redes de distribución domiciliarias.

En el Perú corresponde al estado asegurar la calidad del agua para consumo humano, y para las demás actividades en el que su uso sea necesario. Debido a esta realidad los ministerios de vivienda y el ministerio de salud, crean planes de contingencia tratar los riesgos sobre la calidad del agua para consumo humano, normas nacionales que deben cumplirse bajo la ordenanza del D.S.N°004-2017-MINAM (2017), sobre Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para el Agua. D.S.N°031-2010-SA- (Ministerio de Salud, 2010), sobre el reglamento de la calidad de agua para consumo humano y resolución ministerial R.M. N°451-2021/MINSA Perú (2021), directiva sanitaria para la Vigilancia de la Calidad del Agua para consumo humano. Por lo tanto, los decretos supremos y resolución ministerial, citados deben dar su cumplimiento en asegurar la identificación de los puntos críticos en el sistema de los acueductos existentes para que se tomen las medidas necesarias para garantizar la calidad del agua desde la fuente de captación hasta la distribución para consumo humano.

## ➤ Agua

El agua es la sustancia llamado disolvente universal, por ser el líquido que más sustancias disuelve; el agua a su vez es la sustancia de mayor abundancia en la naturaleza de la corteza terrestre, así mismo en la masa del cuerpo humano constituye en promedio el 70%. El agua por estructura molecular de H<sub>2</sub>O tiene propiedades físico químicas que hace que reaccione con otras moléculas y elementos químicos para formar otras sustancias que son indispensables para la vida (Hammeken y Romero, 2005).

## ➤ Calidad del agua

Con respecto a la calidad del agua es fundamental para la salud y la calidad de vida de las personas. Se relaciona también con la Organización Mundial de la Salud (OMS) se aprecia que 2,9 millones de personas llegan a perder la vida cada año por la falta de acceso a agua con saneamiento de calidad, lo que en gran parte se debe a la falta de un saneamiento ambiental eficaz y es una realidad que se puede evitar con una gestión higiénica. El agua cruda natural, generalmente no se encuentra en condiciones óptimas de calidad, debido a que contienen sustancias contaminantes de características físicas, químicas y microbiológicas de la fuente hídrica en su estado natural o posterior a realización de alteraciones antropogénicas cuyas actividades hacen de que varían la calidad del agua y que también estos cambios dependen de las características del medio en el que se encuentre el agua. La calidad del agua cruda por consiguiente se determina en base a sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas (Martínez *et al.*, 2015).

El conocimiento de los impactos ambientales y sanitarios de la calidad del agua en las fuentes de abastecimiento o puntos de captación del agua, tienen una gran incidencia en la salud de las personas, por lo tanto, es necesario tomar las medidas de inspección destinadas a perfeccionar la calidad del agua para consumo humano cuyo beneficio significativo estará en la disminución de enfermedades. Todas estas actividades se llevan a cabo para mejorar la captación, tratamiento y distribución de los sistemas de abastecimiento de agua, con el objetivo de que el agua sea lo más segura posible para el consumo y no presenten un riesgo para la salud (Instituto Nacional de Salud Colombia, 2013).

➤ **Agua cruda**

Es el agua natural que no ha sido filtrada ni tratada sometida a procesos de tratamiento para asegurar que el consumo del agua no cause enfermedades (ONU-DAES, 2014).

➤ **Calidad del agua natural**

La calidad del agua natural es la definición que detalla las características químicas, físicas y biológicas del agua, que depende del uso que se le va a dar. Para determinar su calidad se miden y analizan sus indicadores físicos, químicos y biológicos, comparando con directrices de calidad del agua o estándares; entonces tenemos una evaluación de agua potable que ha establecido estándares para garantizar la disponibilidad de agua limpia y saludable para el consumo humano y de este modo, proteger la salud de las personas, para el agua potable, esas normas se basan en niveles científicamente admisibles de toxicidad para el consumo humano y como agua natural teniendo baja toxicidad para los organismos acuáticos; las aguas superficiales o subterránea depende de factores naturales como de la acción antropogénica. Departamento de asuntos económicos y sociales de naciones unidas (ONU-DAES, 2014).

➤ **Agua potable**

Es el agua tratada que debe reunir los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y organolépticos, aptas y aceptable para el consumo humano el que debe cumplir con las normas de calidad de agua establecidas según normas estandarizadas y promulgadas por las autoridades de cada país (Decenio internacional para la acción, 2018).

➤ **Suministro de agua potable a sistemas urbanos**

Los contaminantes presentes en el agua natural, sus concentraciones relativas de sus parámetros de calidad dependen de las condiciones geológicas, climáticas y de las actividades antropogénicas relacionadas con el cuerpo hídrico. Por lo tanto, los procesos de tratamiento del agua deben ser adecuados a las características específicas del agua, que pueden ser aguas subterráneas, de manantiales, de ríos,

lagos embalses y otros; cada tipo de fuente requiere diferentes procesos de tratamiento (Howe *et al.*, 2017).

### ➤ **Límite máximo permisible**

Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua, evaluados para el Índice de Calidad Ambiental del agua (Directiva Sanitaria N°058-MINSA/DIGESA, 2014).

#### **1.1.1. Propiedades físico-químicas de las aguas**

##### **1.1.1.1. Propiedades físicas**

Dentro de las propiedades físicas más importantes son el color y el olor, los cuales nos proporcionan información sobre la concentración de sólidos o sustancias en el agua, así como la descomposición de material tanto orgánico como inorgánico; entre las propiedades físicas esenciales en el agua residual, que se pueden identificar (Jiménez *et al.*, 2003).

- a) **Sólidos:** Los sólidos orgánicos contienen carbón, hidrogeno y oxígeno, algunos combinados con nitrógeno azufre o fósforo, o con algunos grupos funcionales como proteínas y azucares entre otros. Los sólidos inorgánicos comúnmente son minerales como aceites, arenas y algunas sales. Los sólidos comúnmente se clasifican en solidos suspendidos, disueltos y totales (Jiménez *et al.*, 2003).
- b) **Gases disueltos:** Los gases que se encuentran en el agua natural tenemos, el oxígeno, denominado Oxígeno Disuelto (OD), parámetro importante que indica el nivel de contaminación de las aguas; también se encuentran algunos gases como anhídrido carbónico, nitrógeno, sulfuro de hidrogeno (Jiménez *et al.*, 2003).
- c) **Turbiedad:** Es una medida de las propiedades de dispersión de la luz en las aguas. Sirve para conocer la cantidad de luz que es absorbida o disipada por el material suspendido en el agua. La turbiedad en las aguas es producida por varios factores como: la erosión de materiales arcillosos, limos o rocas, residuos industriales, la corrosión, plantas y microorganismos, detergentes y jabones (Jiménez *et al.*, 2003).



- d) **Color:** Es causado por sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias en solución, también por infiltraciones en sistemas de recolección (sustancias húmicas). El color causado por sólidos suspendidos se denomina color aparente, mientras que el causado por sustancias disueltas y coloidales se denomina color verdadero (Jiménez *et al.*, 2003).
- e) **Temperatura:** La temperatura del agua natural es por lo general mayor que la temperatura del agua para abastecimiento como consecuencia del tratamiento del proceso de potabilización para el consumo humano al que es sometido (Jiménez *et al.*, 2003).
- f) **Conductividad eléctrica:** Es la medida de suficiencia de una solución acuosa para la conducción eléctrica. Se debe a la presencia de un rango de iones de minerales disueltos en el agua establecido como una forma de contaminación por su peculiaridad de la presencia de iones catiónicos (Sierra, 2011).

#### 1.1.1.2. Propiedades químicas

Dentro del agua natural existe una cantidad considerable de elementos químicos inorgánicos nutrientes, constituyentes metálicos ionizados y no metálicos y gases, los que son responsables del pH, alcalinidad, dureza, cloruros y sulfatos, que inciden en la contaminación del agua (Jiménez *et al.*, 2003).

- a) **Alcalinidad:** Es la capacidad de neutralizar el medio ácido o básico en el agua; en aguas residuales se debe básicamente a la presencia de hidróxidos, carbonatos, bicarbonatos, fosfatos, y sulfatos y todos ellos provenientes de diferentes disoluciones y elementos (minerales del suelo, fertilizantes, calcio, magnesio, sodio entre otros). En cantidades, la alcalinidad le da un sabor amargo al agua (Jiménez *et al.*, 2003).
- b) **Dureza:** La dureza en el agua residual se debe a la presencia de cationes multivalentes, que al igual que la alcalinidad provienen de diferentes elementos (Jiménez *et al.*, 2003).

- c) **Metales en el agua:** La presencia de metales proviene de diferentes desechos de productos utilizados en el hogar y de diferentes industrias, los metales pueden ser o no muy tóxicos, esto depende en su mayoría de la concentración dando mayor grado de contaminación al agua (Jiménez *et al.*, 2003).
- d) **Hierro y manganeso:** Considerando las condiciones locales, el agua natural puede encontrarse en medio aeróbica en presencia de oxígeno o anaeróbica en ausencia de oxígeno. En medio anaeróbico del agua con contenido de hierro y manganeso estas son relativamente solubles y pueden solubilizarse en el agua; en estas condiciones si se airea o adiciona cloro, el hierro y el manganeso reaccionan y forman sustancias insolubles que sedimentan en forma de óxidos, propiedad aprovechable para el tratamiento del agua (Howe *et al.*, 2017).
- e) **Arsénico:** En el agua natural la presencia del arsénico es común, proveniente de la solubilidad de la movilización natural de rocas, suelos, meteorización y de procesos antropogénicos de aguas residuales, actividad minera, uso de combustibles fósiles uso de pesticidas y herbicidas. La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece el contenido límite en el agua para consumo humano de 0,05 – 0,01 mg·L<sup>-1</sup> (Miranda, 2012).
- f) **Plomo:** El plomo en la naturaleza se encuentra en una gran variedad de minerales, entre los que se encuentra principalmente en la galena (SPb), la anglesita (PbSO<sub>4</sub>). La OMS (2013), fijan la concentración máxima del plomo en el agua para consumo humano, con un valor de 10 µg·L<sup>-1</sup> (Edwards *et al.*, 1999).
- g) **Cobre:** La presencia del cobre en el agua, es compleja para lo cual se debe diferenciar entre fracción soluble e insoluble. La fracción insoluble incluye coloides de cobre inorgánico. La fracción soluble es la fracción biodisponible que consiste en iones de cobre hidratados (fácilmente disponibles). La concentración de equilibrio de muchos de estos complejos podría cuantificarse si se conocieran las constantes de estabilidad y concentraciones de los ligandos y los complejos metal-ligandos son dependientes del pH, en ambientes acuáticos naturales el cobre se presentará, principalmente, como cobre (II). Los

ligandos de mayor importancia en aguas naturales se presentan en los hidróxidos, carbonatos, en el amonio, cloruros y sulfatos, todos ellos de común ocurrencia y en forma orgánica los principales ligandos son los ácidos húmicos y fúlvicos que constituyen la materia orgánica natural del agua. Por estos principios, el cobre en aguas naturales forma complejos los que pueden ser adsorbidos por óxidos metálicos hidratados de (Fe, Al, Mn) (Edwards *et al.*, 1999).

- h) Cloro residual:** Es el resultado de la evaluación de la manifestación de cloro actual en el líquido agua para el consumo humano, en el cual procede del proceso de desinfección del agua con cloro, para la defensa de las causas de contaminación microbiológica en el agua para consumo humano (Directiva Sanitaria N°058-MINSA/DIGESA, 2014).

### **1.1.2. Parámetros físico químico y bacteriológico en el Índice de Riesgo del Agua**

- a) Parámetros físicos:** Son los índices del agua, que tienen menor importancia en cuanto a la calidad del agua para consumo humano, como se afirmó estos parámetros pueden cambiar el aspecto del agua con respecto a sus características organolépticas normales de olor y sabor en la calidad del agua cruda de la fuente de captación y destinados para su posterior consumo el que se abastece para consumo directo o en el que se pueden señalar cambios debido a los procedimientos de tratamiento del agua. Donde los parámetros físicos de mayor interés son; pH, conductividad eléctrica, color aparente y turbiedad (Aguilar, 2010).
- b) Parámetros químicos:** Estos son los parámetros más importantes de la calidad del agua, porque sus componentes químicos pueden causar efectos adversos para la salud después de un contacto prolongado con el agua. Para definir la calidad del agua desde la importancia de parámetros químicos, puede ser de origen natural o antropogénicos así tenemos por la emisiones de actividades industriales y pueden causar contaminación, como la existencia de metales pesados, que son tóxicos en el agua para consumo humano, dentro de estos tenemos el cromo arsénico, mercurio, plomo y arsénico; tenemos el origen por las actividades agrícolas que contaminan

al emplear fertilizantes, herbicidas, fungicidas, que son arrastrados hacia las aguas, especialmente tenemos los componentes de nitratos, nitritos y compuestos clorados que ayuda a contaminar el agua con sustancias tóxicas para el consumo humano y de animales (Aguilar, 2010).

- c) **Materia orgánica en el agua:** Es el término que describe el complejo componente de químicos orgánicos derivados de la actividad biológica natural, así tenemos la actividad metabólica de las algas, microorganismos acuáticos y las excretas de las formas de vidas superiores, la descomposición de materia orgánica por bacterias; los cuerpos y el material celular de las plantas y animales acuáticos incrementan la materia orgánica en las fuentes de agua natural. Por lo general el flujo de las aguas superficiales contienen más materia orgánica que las aguas subterráneas, por lo que es más probable que requieran mayor tratamiento del agua para el consumo humano y de animales. Una de las ventajas de las aguas superficiales es que la calidad de ellas es más fácil de determinar sus valores de concentración de sus componentes contaminantes, así mismo es posible obtener datos históricos de la calidad del agua y poder predecir su tratamiento y dimensionar el diseño para la creación de una planta de tratamiento del agua para consumo humano (Edwards *et al.*, 1999).
- d) **Parámetros microbiológicos:** La consideración de los riesgos microbiológicos son los derivados del consumo de agua contaminada, generalmente por aporte de excrementos humanos o de animales y estas son fuentes de patógenos como tenemos los virus, bacterias, helmintos, protozoos y otros organismos. Los patógenos fecales, que a menudo causan cambios repentinos y abruptos en la calidad microbiológica del agua y aumentos repentinos en las concentraciones de patógenos, pueden aumentar significativamente el riesgo y el brote de enfermedades transmitidas por el agua; si no se detectan los parámetros microbiológicos del agua frente a los consumidores, estas pueden exponerse a numerosas enfermedades por contaminación microbiana. Las bacterias son uno de los contaminantes del agua más importantes, los coliformes son un indicador de materia orgánica y pueden no ser heces porque los coliformes existen como organismos libres, *Escherichia Coli* en definitiva es una bacteria donde aparece en las heces humanas y animales (Aguilar, 2010).

### 1.1.3. Medida de contaminantes orgánicos en el agua

En la caracterización de las aguas naturales se emplean diversos métodos analíticos para evaluar los contaminantes orgánicos, entre los que se tiene el grupo de la demanda de oxígeno. En este grupo, se encuentra la Demanda Teórica de Oxígeno (DTeO), que comprende la demanda de oxígeno en el agua por la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Total de Oxígeno (DTO). Estas técnicas determinan la cantidad de materia orgánica que se encuentran en el agua siendo esta un indicador de contaminación. La Demanda Teórica de Oxígeno DTeO, mediante su estequiometría cuantifica la cantidad teórica de oxígeno requerido para oxidar la fracción orgánica de un desecho hasta dióxido de carbono y agua (Jiménez *et al.*, 2003).

- a) **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** El análisis de DQO, se utiliza principalmente para el monitoreo de efluentes en plantas de tratamiento y se refiere a la gran cantidad de oxígeno disuelto presente en el muestreo, necesario para oxidar la materia orgánica mediante un agente químico. El DQO indica el contenido de materia orgánica en el agua que se oxidara y para este proceso se utiliza oxígeno equivalente que la materia orgánica que requiere para su oxidación mediante un agente químico oxidante, en medio aerobio. Por lo tanto, DQO es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que se encuentran disueltas o en suspensión en una muestra líquida de agua. Se utiliza para medir el grado de contaminación del agua y se expresa en miligramos de oxígeno por litro ( $\text{mg} \cdot \text{O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ ) (Jiménez *et al.*, 2003).
- b) **Demanda biológica de oxígeno (DBO):** Es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable existente en el agua natural. Es por tanto una medida del componente orgánico que puede ser degradado mediante procesos biológicos. Se puede decir por tanto que la DBO representa la cantidad de materia orgánica biodegradable y la DQO representa tanto la materia orgánica biodegradable como la no biodegradable (Jiménez *et al.*, 2003).
- c) **Sustancias químicas inorgánicas:** Dentro de estas sustancias tenemos ácidos minerales inorgánicos, sales que contienen muchas veces metales

tóxicos o solamente por metales, como el mercurio, cromo, arsénico, cobre, manganeso, plomo, y muchos otros metales, cuya presencia en el agua en altas concentraciones pueden causar graves daños en los ecosistemas acuáticos, reduciendo la biodiversidad. Estos contaminantes provienen generalmente de los vertidos domésticos, agrícolas e industriales, que pueden contener distintos compuestos químicos. En ocasiones, son liberados directamente a la atmósfera e incorporados por la lluvia a la fuente receptora de agua (Soluciones Medioambientales y Aguas S.A, 2015).

Se debe tener presente que en circunstancias que este tipo de contaminantes se acumulen en la cadena alimentaria, produciendo que los depredadores consuman presas contaminadas. De este modo, los seres humanos pueden quedar expuestos a contaminantes químicos inorgánicos al consumir pescado, mariscos contaminados, al beber agua o practicar actividades recreativas. Esta contaminación también puede repercutir negativamente en el rendimiento de actividades productivas como la agricultura o la ganadería (Soluciones Medioambientales y Aguas S.A, 2015).

- d) Nutrientes vegetales nitrógeno y fósforo:** El exceso de nitratos y fosfatos en el agua, son las sustancias que producen los nutrientes vegetales, componentes que ocasionan un crecimiento excesivo de las plantas acuáticas. Los nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua, que son fácilmente asimilables por las plantas acuáticas que requieren para su desarrollo, y al encontrarse en cantidad excesiva, pueden ocasionar un crecimiento desmesurado de algas y otros organismos, que a la posterioridad como consecuencia modifican las condiciones del medio acuático debido a una mayor demanda de oxígeno disuelto para su desarrollo, provocando el fenómeno que se conoce como eutrofización de las aguas (Soluciones Medioambientales y Aguas S.A, 2015).

La propagación de algas en el agua provoca el enturbiamiento de las aguas, proceso que impide que los rayos solares penetren hasta el fondo del ecosistema requerimiento para llevar a cabo la fotosíntesis proceso productor del oxígeno libre. Al cumplir su ciclo biológico las algas y vegetales son consumidos por los microorganismos encargándose de su descomposición, proceso con consumo de oxígeno del agua cuya consecuencia de esta

actividad aerobia, en el fondo del agua se agota el oxígeno y el ambiente se vuelve anaerobio, haciendo imposible la supervivencia de las especies que pueblan el ecosistema. El resultado es un agua con mal aspecto y olor, e inutilizable (Soluciones Medioambientales y Aguas S.A, 2015).

- e) **Coliformes:** Son bacterias Gram Negativas con forma de bastón que fermentan la lactosa a 35-37 °C y en la cual da como resultado el ácido y gas (CO<sub>2</sub>) en 24-48 horas. Se clasifican como aerobios o anaerobios facultativos, y tienen actividad enzimática β-galactosidasa. En otras palabras, es un indicador de contaminación microbiológica del agua doméstica (Jiménez *et al.*, 2003).
- f) ***Escherichia Coli-E-coli:*** Es un bacilo gram negativo aerobio, no esporulante, hay que mencionar que es caracterizado por poseer enzimas específicas como la β-galactosidasa y la β-glucuronidasa. Es un indicador microbiológico preciso de contaminación fecal en aguas destinadas al consumo humano (Soluciones Medioambientales y Aguas S.A, 2015).

#### 1.1.4. Marco conceptual

- a) **Acueducto – captación:** Es el sistema de abastecimiento de agua, en el punto del cual se recoge el agua desde la fuente de captación, que puede ser una naciente u ojo de agua; un pozo o un río y es transportado a través de canales y o de tuberías hacia un centro de tratamiento y de allí tener su distribución a cada una de las viviendas o hacia una fuente de uso público de agua para consumo humano (CARE Internacional-Avina, 2012).
- b) **Fuente de abastecimiento:** Es el depósitos o caudales de aguas superficiales o subterráneas utilizadas en el sistema de abastecimiento de la población. Agua de alta calidad destinada al consumo humano, ya sea aérea, superficial, subterránea o de mar (CARE Internacional-Avina, 2012).
- c) **Caudal de agua:** En dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal) por unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Con menos frecuentemente, se identifica como el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo (CARE Internacional-Avina, 2012).

- d) **Calidad del agua:** Es el resultado de comparar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua con las normas que regulan el agua para su consumo humano. D.S.N°031-2010-SA-Ministerio de Salud (2010). El objetivo de tener un servicio de agua a la sociedad, en donde corresponde al estado garantizar la calidad del agua así, para consumo humano y para otros usos (D.S.N°031-2010-SA-Ministerio de Salud, 2010).
- e) **Gestión ambiental:** La gestión ambiental es el plan de actuación o la estrategia con el que se organiza las actividades humanas para que en lo posible impacten lo menos posible en el medio ambiente y de esta manera buscar un desarrollo sostenible y el equilibrio accesible entre los intereses económicos y materiales del ser humano velando por la conservación del medio ambiente, sin el que no podemos sobrevivir. La gestión ambiental engloba una cantidad de áreas, entre las que más se caracterizan son considerados siete áreas (Acosta, 2019).
- Política ambiental.
  - Ordenamiento territorial.
  - Evaluación del impacto ambiental.
  - Contaminación.
  - Vida silvestre.
  - Educación ambiental.
  - Paisaje.

La gestión ambiental puede realizarse desde las empresas organizadas hasta a sociedades constituidas y el objetivo primordial es: reducir el impacto de la actividad humana en la naturaleza, respetar y favorecer la biodiversidad, implementar el factor ambiental entre las líneas de competitividad de las empresas y mejorar la legislación y conciencia social. La gestión ambiental es uno de los aspectos más resaltante donde se tiene tres pilares de la gestión sostenible cuyos resultados se espera a largo plazo con respecto a la preservación ambiental y a la responsabilidad social (Acosta, 2019).

- f) **Protección de la calidad de los recursos hídricos en el Perú:** El D.S.N°007-2010-AG MINAM (2010), declaran de interés nacional la protección de la calidad del agua en las fuentes naturales y sus bienes asociados, con el objeto



de prevenir el peligro de daño grave o irreversible que amenace a dichas fuentes y la salud de las actuales y futuras generaciones.

- g) **Amenaza o peligro en el uso del agua:** Es el escenario o característica intrínseca de algo capaz de ocasionar daños a las personas, equipos, procesos y ambiente donde se encuentra la Ley N°29783-SST República del Perú (2011). Fuente o situación con capacidad de daño en términos de lesiones, daños a la propiedad, daños al medio ambiente o una combinación de ambos (Menéndez, 2008).
- h) **Amenaza o peligro:** La amenaza es una probabilidad de que ocurra un fenómeno natural o por actividad antropogénica, potencialmente dañino, dentro de un periodo de tiempo específico en una localidad o espacio delimitado. El peligro es identificado con el apoyo de la ciencia y la tecnología (Menéndez, 2008).
- i) **Amenaza o peligros de origen natural:** Según Santillana S.A. (2015). Tenemos los sismos que son vibraciones pasajeras de la corteza terrestre originadas por liberación de energía a manera de ondas, producto del movimiento de las placas tectónicas o actividad volcánica. Tsunami fenómeno que ocurre en el mar produciendo un disturbio sísmico del agua en tren de ondas. Helada, se produce cuando la temperatura del ambiente desciende a valores próximos o por debajo de los cero grados celsius, generalmente se presenta en las regiones de la sierra en estaciones de invierno. sequía, es un fenómeno climático que se presenta cíclicamente por ausencia de precipitaciones pluviales, que afecta a actividades económicas, a la agricultura, al ambiente y de impacto al desarrollo social y económico de la población. Nevadas, es el fenómeno climático natural por precipitación de agua a bajas temperaturas que se manifiestan en copos blanquecinos provocados por el cambio brusco de enfriamiento de la evaporación del agua. Lluvia, es la precipitación de partículas de agua líquida a partir de la nubosidad.
- j) **Amenaza o peligros socio naturales:** Según Santillana S.A. (2015). Tenemos los deslizamientos, que ocurren a causa de fenómenos meteorológicos, generalmente por exceso de precipitaciones pluviales que provoca el cambio superficial por acción de la gravedad, inundación, es el producto del fenómeno natural por precipitaciones pluviales intensas que

sobre pasa la capacidad del nivel del suelo y en el que generalmente el cauce en volumen de un río es superado con desborde de terrenos circundantes.

- k) Amenaza o peligros de origen tecnológico:** Según Santillana S.A. (2015). Se tiene los incendios, derrames de sustancias químicas peligrosas y explosiones etc.
- l) Identificación del peligro o amenaza:** Es el proceso mediante el cual se ubica o localiza, se reconoce que existe un peligro para el cual se definen sus características (D.S.N°005-2012-TR, 2016).
- m) Amenaza o peligro en el uso del agua:** Es el peligro inseguro que presenta una probable exposición de un fenómeno natural físico, físico-químico, biológico o factores creados por el hombre que pueden afectar negativamente a las personas, la producción, la infraestructura de bienes y servicios. Un factor expresado como la probabilidad de que un evento ocurra a una intensidad particular en un espacio delimitado en un periodo de tiempo definido (Santillana S.A., 2015).

Exposición a la presencia de sustancias debidas a fenómenos naturales y sociales que alteran la calidad del agua, por aportes de contaminantes directos o indirectos de sus componentes físicas, químicas (Santillana S.A., 2015).

Amenaza por sustancias antropogénicas las que generalmente se relaciona en dos grupos. Así que se tiene como el aporte de contaminantes de forma permanente, transitorios y puntuales (OMS, 2009).

- n) Vulnerabilidad:** Según INDECI (2006), indica que la vulnerabilidad es el grado de susceptibilidad o el nivel de insuficiencia de un sistema para enfrentar efectos adversos de cambio climático, que se manifiesta en la variabilidad del clima. La vulnerabilidad depende de la magnitud y de la rapidez del cambio climático al cual se encuentre expuesto el sistema.

El autor Lozano (2011), indica que la vulnerabilidad es la susceptibilidad de la población, de sufrir daños y peligros por actividades de estructuras físicas, socioeconómicas, productivas y por el desarrollo político institucional.

### 1.1.5. Tipos de vulnerabilidad

Se considera los siguientes tipos de vulnerabilidad:

- a) **Vulnerabilidad física:** La vulnerabilidad física es la estimación de los posibles daños que se presentan en los componentes de la infraestructura con exposición a efectos adversos y a diversas amenazas para lograr el agua para consumo. Se deben a tres criterios: (Zaichick y Zaichick, 2013).
- A la exposición a amenazas debido a la ubicación.
  - A la calidad de su construcción y de materiales utilizados.
  - Al potencial de daño esperado al ser afectado por un desastre.
- b) **Vulnerabilidad operativa:** La vulnerabilidad operativa es la valoración permanente en la prestación de servicio de agua potable, considerando los componentes internos de mantenimiento y de operación, como de los componentes externos (Zaichick y Zaichick, 2013).
- c) **Vulnerabilidad organizativa:** Es la consideración de la capacidad de organización y participación de la institución empresarial administrativo y de la comunidad, frente a amenazas y situaciones de emergencia para superar consecuencias de desastres a actividades de la producción de agua potable para consumo humano (Zaichick y Zaichick, 2013).
- d) **Vulnerabilidad ambiental:** Es la estimación de información sobre la micro cuenca, la variabilidad climática y calidad de agua (Zaichick y Zaichick, 2013).
- e) **Riesgo en el uso del agua:** Es la asunción de la probabilidad de que una amenaza se convierta en un desastre y este resultado es calificado como riesgo. Cuando una amenaza y una vulnerabilidad se presentan simultáneamente estas se convierten en un riesgo ósea en la probabilidad de que ocurra un desastre (OIT, 2011).

El riesgo es considerado la probabilidad de que una persona sufra daños o que su salud se vea perjudicada si se expone a un peligro, a consecuencia de que la propiedad se dañe o pierda. La relación entre el peligro y el riesgo es la exposición, ya sea inmediata o a largo plazo (OIT, 2011).

Los riesgos pueden ser investigados, examinados y controlados si somos cuidadosos con el medio ambiente, conscientes de nuestras debilidades y vulnerabilidades a la realidad de las amenazas existentes y con el planteamiento de una previa planificación se puede evitar de que las amenazas se conviertan en desastres (OIT, 2011).

El riesgo (R) consiste en estimar las probables pérdidas para diferentes posibles peligros y para evaluar el riesgo se debe relacionar las Amenazas (A) y las Vulnerabilidades (V), con el fin de determinar las consecuencias ambientales, sociales y económicas; se debe considerar que el riesgo es la ocurrencia de presentarse en un mismo tiempo y espacio la amenaza y la vulnerabilidad y por el cual, es preciso definir la amenaza y la vulnerabilidad para así poder prefijar el Riesgo (R). La evaluación del Riesgo, (A) es función del producto de la Amenaza (V) por la vulnerabilidad, según (INDECI, 2012).

$$R = A \cdot V \quad (1)$$

Indica que el riesgo es el conjunto de procedimientos y acciones que se realizan en una determinada área geográfica, con el objetivo de ponderar informaciones respecto a la identificación de peligros naturales o antropogénicos y el análisis de las vulnerabilidades. Considerando que la evaluación del riesgo (R), es función del producto del Peligro (P) y la Vulnerabilidad (V) (INDECI, 2012).

$$R = P \cdot V \quad (2)$$

### **Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para consumo humano (IRCA)**

Teniendo en cuenta el grado de riesgo de aparición de enfermedades asociadas al incumplimiento de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de las aguas destinadas al consumo humano en el cual se considerada mediante el Índice Ambiental de Calidad del Agua (ICA) utilizando Límites Máximos Permisibles (INDECI, 2012).

Teniendo en cuenta el grado de riesgo de aparición de enfermedades asociadas al incumplimiento de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de las aguas destinadas al consumo humano en el cual considerado mediante el Índice Ambiental de Calidad del Agua (ICA) utilizando límites máximos permisibles por el D.S.N°004-2017-MINAM (2017), por medio se presentan las características básicas y frecuencias de los sistemas de control y monitoreo de la calidad del agua destinada al consumo humano (INDECI, 2012).

### **Gestión del riesgo en los sistemas de abastecimiento**

La gestión de riesgos es la capacidad de hacer frente a amenazas potenciales y mediante una propuesta e acciones planificadas que deben prevenir, mitigar y abordar situaciones de riesgo para la calidad del agua. El proceso de gestión de riesgos debe considerar análisis de amenazas y vulnerabilidades, para determinar las causas de ocurrencia de estos componentes. Esto reducirá los efectos negativos que se producen Aguilar (2010). Para determinar una gestión de riesgo del sistema de abastecimiento de agua para consumo se debe tener amplio conocimiento del sistema, de la magnitud de los peligros que pueden existir y de la capacidad de los procesos e de infraestructuras existentes para afrontar los riesgos efectivos a la calidad del agua, y se debe determinar los peligros potenciales producidos por agentes físico-químicos, microbiológicos, la probabilidad de que las personas se vean perjudicadas por los peligros identificados y su exposición a la magnitud del daño y las consecuencias del daño debido a la calidad del agua destinada al consumo humano, la evaluación se debe realizar desde sus fuentes de captación, abastecimiento y su distribución del agua con calidad (Truque, 2020).

### **Vigilancia sanitaria**

El saneamiento es una estrategia destinada a prevenir o reducir los riesgos para la salud humana derivados del consumo de agua. Esta es responsabilidad de las agencias de monitoreo y control de la calidad del agua. Las autoridades ambientales y sanitarias son obligados o encomendados de la vigilancia y cumplimiento de las normas sanitarias que se han elaborado una serie de formularios establecidos en la Resolución Ministerial N°451-2021/MINSA Perú, (2021), Directiva Sanitaria. N°132-MINSA/2021/DIGESA (2021). Directiva sanitaria para la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud (IPRESS), norma que se debe dar a su cumplimiento en lo establecido en cuanto al control de los parámetros de calidad del agua, esta supervisión será realizada por la autoridad sanitaria eficiente. En la tabla 1 y 2, se muestran los niveles de los Límites Máximo Permisibles de la calidad ambiental del agua, establecido en el D.S.N°031-2010-SA-Ministerio de Salud (2010). Límites Máximos Permisibles, LMP del Reglamento de la calidad del agua (Resolución Ministerial N°451-2021/MINSA Perú, 2021).

Tabla 1

*Limites Máximo Permisibles de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos*

Parámetros	Formula	Unidad de Medida	Límite Máximo Permissible (LMP)
pH	pH	[H <sub>3</sub> O] <sup>+</sup>	6,50 – 8,50
Temperatura		°C	----
Color aparente	Color	UPC	15,00
Turbiedad	Turbiedad	NTU	5,00
Oxígeno disuelto	OD	mg · L <sup>-1</sup>	>= 6
Conductividad eléctrica	Ce	μc · cm <sup>-1</sup>	1500,00
Solidos totales disueltos	STD	mg · L <sup>-1</sup>	1000,00
Salinidad	% Sal	%	----
Cloro residual	Cl <sub>2</sub>	mg · L <sup>-1</sup>	0,50
Alcalinidad total	CaCO <sub>3</sub>	mg · L <sup>-1</sup>	200,00
Dureza total	CaCO <sub>3</sub>	mg · L <sup>-1</sup>	500,00
Calcio	Ca	mg · L <sup>-1</sup>	----
Fosfatos	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg · L <sup>-1</sup>	0,10
Manganeso	Mn	mg · L <sup>-1</sup>	0,10
Plomo	Pb	mg · L <sup>-1</sup>	0,01
Cobre	Cu	mg · L <sup>-1</sup>	2,00
Zinc	Zn	mg · L <sup>-1</sup>	3,00
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg · L <sup>-1</sup>	250,00
Cloruros	Cl <sup>-1</sup>	mg · L <sup>-1</sup>	250,00
Hierro total	Fe	mg · L <sup>-1</sup>	0,30
Arsénico	As	mg · L <sup>-1</sup>	0,01
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	mg · L <sup>-1</sup>	50,00
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-1</sup>	mg · L <sup>-1</sup>	0,20
Aluminio	Al <sup>+3</sup>	mg · L <sup>-1</sup>	0,20
Fluoruros	F <sup>-1</sup>	mg · L <sup>-1</sup>	1,00
COT	COT <sup>-1</sup>	mg · L <sup>-1</sup>	5,00
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub>	mg · L <sup>-1</sup>	3,00
DQO	DQO	mg · L <sup>-1</sup>	10,0

Fuente: D.S.N°031-2010-SA-Ministerio de Salud (2010). Límites Máximos Figura Permisibles, LMP. Reglamento de la Calidad del Agua. R.M. N°451-2021/MINSA Perú (2021), D.S.N°004-2017-MINAM (2017).

Tabla 2

*Limites Máximo Permisibles de parámetros microbiológicos*

Parámetro	Unidad de medida	Límite Máximo Permissible
Bacterias coliformes totales	UFC/100 mL. a 35°C	0 (*)
Coliformes Termotolerantes fecales	UFC/100 mL. a 45,5°C	0 (*)
<i>E. coli</i>	UFC/100 mL. a 45,5°C	0 (*)

Fuente: D.S.N°031-2010-SA-Ministerio de Salud, Límites Máximos Permisibles, LMP. Reglamento de la Calidad del Agua. R.M. N°451-2021/MINSA (2021).

## 1.2. Antecedentes

Enciso y Jiménez (2017). Indica que es necesario tomar medidas de control de la calidad del agua, así se previene posibles problemas de operación y manejo del agua en el proceso de tratamiento para su potabilización, que debe cumplir los protocolos de autocontrol y de supervisión de la autoridad sanitaria, a las empresas prestadoras de servicio público (EPS) de uso del acueducto y de fuentes naturales de recursos hídricos; precisando los aspectos técnicos y operativos mínimos. Mínimamente se deben realizar pruebas de parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua, las que deben incumplir con la legislación mediante la certificación de análisis de laboratorios correspondientes de los parámetros de pH, temperatura, color y cloro residual, debido a que la variación de incremento de estos parámetros, directamente afectan en la calidad del agua, realizándose monitoreos diarios antes del punto de distribución y en la red de distribución.

La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2006), en Colombia el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el Ministerio de Protección Social, según el D.S. N°1575-Colombia (2007), los estados deben garantizar la calidad del agua para el consumo humano y otras actividades de uso necesarias y desarrollar planes de contingencia para los riesgos de la calidad del agua para el consumo humano con identificación de puntos críticos en el sistema de acueducto o fuente de captación del agua, para no tener problemas en el tratamiento de agua potable y asegurar que los acueductos existentes tomen las decisiones y medidas necesarias para certificar la calidad del agua desde la fuente. Mencionan que las causas del deterioro de la calidad de agua están sindicadas por:

- Deterioro en las cuencas como consecuencias se encuentra la deforestación.
- Contaminación en la fuente de agua por vertimiento de residuos líquidos o sólidos (basuras, lixiviados, industriales y aguas residuales domésticas).
- Fenómenos de urbanización sobre lugares de captación de las fuentes hídricas.
- Desecación en los humedales y derivación de causas de ríos y riachuelos.
- Uso muy eficiente del agua potable, evitando los elevados niveles de pérdida de agua.

Taborda y Venegas (2016), en estudios realizados en la cuenca Trinidad y Tocogua, Duitama Colombia; indican que la evaluación de los parámetros estudiados fisicoquímicos y microbiológicos se ha logrado en muestras de agua sin tratamiento; tiene influencia en la variación de la calidad del agua por el parámetro de la materia orgánica procedente principalmente en las heces bovinas presencia de *E. coli* y *coliformes*, que son indicadores de contaminación microbiológica. En el área de estudio, el consumo de agua cruda por parte de los habitantes, es directo, motivo por que se realizó una evaluación de los Índices de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA) en la fuente de abastecimiento con la finalidad de identificar los riesgos en la salud de los consumidores, obteniéndose en la bocatoma un IRCA de 51,28% calificado de nivel de riesgo alto y por ende el agua en el cual no es apta para consumo humano.

La OMS (2011). En 1984 implementaron las “Guías para la calidad del agua potable” y que fueron modificadas en 1993, 2004 y 2011, considerando la cuantificación de las variables físico-químicas, radiológicas y microbiológicas, para que cada país debe adoptar en concordancia con su situación hidrológica y socioeconómica.

El Decreto Ejecutivo N°38924-S (2004), reglamentó la calidad del agua potable vigente en Costa Rica, considera el propósito para proponer el “Índice de Riesgo de Calidad del Agua para Consumo Humano”, (IRCACH), que surge de la necesidad de crear un instrumento de medición que debe ser utilizado para interpretar los análisis del agua hecho en el Laboratorio Nacional de Aguas (LNA). El índice define lo siguiente:

Agua potable, es el agua tratada que cumple con las disposiciones de valores máximos admisibles que por siguientes son estéticos, organolépticos, físicos, químicos, biológicos, microbiológicos y radiológicos, establecidos en el Decreto Ejecutivo N° 38924-S, y que al ser consumida por la población no causa daño a la salud. La aplicación



de IRCACH permitió establecer los posibles riesgos para la salud del consumidor de los distintos acueductos evaluados y el rechazo del agua debido a alteraciones en sus condiciones organolépticas o estéticas.

Mora *et al.* (2018). Concluye que la aplicación de Índice de Riesgo de Consumo de Agua en Costa Rica (IRCACH), permitió establecer el rechazo del agua para consumo humano, debido a alteraciones en sus condiciones organolépticas o estéticas; para el cual se establecieron niveles de puntaje para cada parámetro, según el riesgo que representa para la salud y donde la aceptabilidad del agua por los consumidores. Se establecieron cinco niveles de riesgo para el IRCACH establecidos como: Riesgo Muy Bajo (RMB), Riesgo Bajo (RB), Riesgo Intermedio (RI), Riesgo Alto (RA) y Riesgo Muy Alto (RMA).

La F-ODM OPS OMS (2013). Recomiendan que en las reuniones de trabajo deben participar los operadores responsables directos del sistema de captación y distribución del agua, a fin de establecer las características, los riesgos y amenazas al sistema. Los usuarios deben tener información sobre la calidad del agua que consumen y de la fuente de captación a fin de verificar los costos para obtener la calidad del agua de los consumidores.

Dueñas *et al.* (2018). En estudios sobre Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para consumo humano en áreas urbanas del departamento de Boyacá Colombia, indican que durante el periodo de estudio el IRCA mostró una tendencia descendente de alto riesgo a bajo riesgo. Debido a la implementación y fortalecimiento de medidas de vigilancia de higiene ambiental, visitas de inspección sanitaria, verificación de buenas prácticas sanitarias y capacitación individual a operadores de plantas de tratamiento de aguas servidas, implementadas por la Dirección de Salud del Ministerio de Salud, así como vigilancia permanente.

El Ministerio de Salud Perú (2018). Respecto a la vigilancia y control de calidad del agua; el programa de entrenamiento en salud pública, indica que la obtención y el tratamiento del agua para consumo humano debe ser apta para el consumo directo; mínimamente debe constar de las siguientes fases de tratamiento:

1. Captación de agua.
2. Mezcla rápida de coagulación y floculación.

3. Decantación.

4. Filtración.

5. Desinfección: con hipoclorito de sodio al 0.5%. El agua debe ser apta para consumo humano y evitar su contaminación.

El Ministerio de Salud Perú (2018), y la Directiva Sanitaria N°058-MINSA/DIGESA (2014), indica que, en la descripción del abastecimiento, debe informarse que componentes del sistema son vulnerables a eventos peligrosos y a los tipos de peligros de riesgo para la calidad del agua para consumo humano, en lo cual debe tenerse la información de:

- Fecha de construcción y puesta en marcha del sistema de tratamiento del agua.
- Fuente de agua y captación. (Ej. transformación de la calidad del agua en las fuentes, fenómenos climatológicos, etc).
- Procesos de tratamiento. (Ej. Procesos de tratamiento, capacidad instalada, edad de la planta, fallas de diseño conocidas, químicos/insumos utilizados).
- Almacenamiento. (Volumen, edad, déficit, materiales, recubrimiento, accesorios, rebose, problemas de diseño).
- Sistema de distribución. (Población servida, tipos de usuarios, materiales, edad de las tuberías, válvulas, purgas y otros problemas).

El Instituto Nacional de Salud Colombia (2019), reporta que la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en Colombia, que en los períodos 2008-2012-2014; se encontró un promedio del IRCA urbano nacional de 13,4 %, clasificándose en un nivel de riesgo bajo, inferior al reportado en ese periodo en el departamento de Boyacá, que fue de 14,3 %, localizándolo en un nivel de riesgo medio. Se recomienda que, en posteriores estudios incluir análisis de sustancias como metales pesados, plaguicidas, Giardia y Cryptosporidium, que puedan establecer la real condición de la calidad del agua.

Cude (2001), menciona que el índice de calidad del agua en el estado de Oregón fue evaluado para proveer un método simple y conciso para expresar la importancia de los datos generados por la red de vigilancia de la calidad del agua de los ríos de Oregón. Cabe resaltar que este método fue modificado a partir del Índice de Calidad del Agua de la National Sanitation Foundation (NSF). Así mismo, el Índice de Calidad de Agua – Oregón (ICA–Oregón) para su validación evalúa ocho parámetros: temperatura, sólidos

totales, fósforo total, potencial de hidrógeno (pH), oxígeno disuelto, amonio + nitratos, demanda bioquímica de oxígeno y coliformes fecales.

Martínez *et al.* (2015), indica que el cuestionario de ingeniería ambiental y sanitaria de la Universidad la Salle Colombia, realizó distintos proyectos sobre el análisis del Índice de Riesgo de Calidad de Agua para consumo humano-IRCA y su conexión con las variables meteorológicas “precipitación y temperatura” y el área geográfica de diferentes departamentos de Colombia. Principalmente uno de los factores determinantes en el aumento de los resultados del IRCA, fue los acontecimientos de precipitación pluvial y la explotación minera que desde ese punto de vista se tiene la alteración al suelo, degradación ambiental alrededor de las cuencas, la degradación de material sólido, en la utilización de productos químicos contaminantes y la acción de la precipitación pluvial que son a ser las fuentes abastecedoras de agua potable.

Según Gil *et al.* (2018), en el trabajo para la evaluación de la calidad del agua superficial como objetivo de investigación planteó la evaluación del Índice de Calidad del Agua (ICA) en el río Guarapiche, estado Monagas, Venezuela, para el cual, evaluó catorce parámetros de calidad del agua (temperatura, pH, dureza, Ce, nitrato, nitritos, sulfato, cloruros, OD, Fe, Mn, Ni, K, y CF). El peso relativo asignado a cada parámetro varió de uno a cuatro, basado en la importancia del parámetro para la vida acuática. Los valores del ICA calculados, se clasificaron según la tabla 3, que se expone.

Según Nicora (2020), en la tesis Diagnóstico de calidad y gestión del agua en las escuelas rurales del partido de Tandil, analiza veintiséis escuelas, diecinueve que dependen del recurso hídrico captados por bombeo y siete suministrado por las redes de agua potable de Tandil. La problemática es la precaria protección sanitaria de las perforaciones de bombeo, disposición local de efluentes cloacales, no tiene control. Se analizó la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua captada, la gestión del recurso a nivel escolar. La metodología fue en toma de muestras por cada escuela y lográndose resultados como apta por las consideraciones físico-químicos y no aptas desde el punto de vista microbiológico.

Según Gonzalo (2015), El objetivo de este trabajo de tesis fue evaluar la calidad del agua de la cuenca media del río Reconquista; determinándose el estado de situación actual del sistema; identificar las fuentes de contaminación diseñando el autor un Plan de Monitoreo de las aguas superficiales aplicado al índice de calidad de agua, y mediante 12

estaciones de muestreo y un tratamiento estadístico se ha determinado el grado del índice de la Calidad del Agua aportando una metodología para las diferentes etapas de tratamiento de aguas de esta cuenca.

Para Landero (2019), Se dedicó al monitoreo en la laguna “La Pólvara” en los meses de febrero-abril del 2019 en dos sitios, se evaluaron los parámetros de Coliformes Fecales, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y sólidos suspendidos Totales (SST) y en campo Sólidos Disueltos Totales (SDT), pH, Oxígeno Disuelto (OD) y Nitratos (NO<sub>3</sub>) para el cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA) de acuerdo a los valores se determinó que requiere adicionalmente un tratamiento para evitar la contaminación generalizada.

Vicuña (2019) en su trabajo analiza los parámetros físico-químicos en la localidad denominada Olleros-Huaraz los parámetros que definen la calidad del agua de consumo humano no están dentro de los límites máximos permisibles (LMP). El objetivo de la investigación es para determinar los parámetros físico-químicos analizados en cinco puntos desde la captación hasta la planta de tratamiento. Las muestras se tomaron en época de lluvias y en estiaje. Se seleccionaron 27 parámetros entre físicos, químicos y microbiológicos los mismos que se analizaron de acuerdo con los métodos de análisis de agua potable (APHA-AWWA-WEF, 2012).

Pérez (2021), en su trabajo de investigación determinó la calidad microbiológica del agua para consumo humano del Valle de Vítor, mediante NMP de coliformes totales, fecales, *Escherichia coli*, conteo en placa de mesófilos aerobios e identificación bioquímica de bacterias; así como la medición de los parámetros físico- químicos los cuales fueron: cloro residual, turbiedad, conductividad y pH. Muestreo 06 salidas cada 15 días y se tomó muestra de agua para consumo humano en 10 puntos de la planta de tratamiento por triplicado. Los análisis siguieron los Métodos Normalizados para Análisis de Aguas: APHA, AWWA. Logrando identificar: *Citrobacter sp.*, *Proteus mirabilis*, *Proteus vulgaris*, *Enterobacter aerogenes*, *Providencia sp.* y *Escherichia coli*. Presentando mayor cantidad en el punto CAPTACION. En el sedimentador (*Citrobacter sp.*, *Proteus mirabilis*, *Proteus vulgaris* y *Escherichia coli*), Aerobios Mesófilos Totales en el punto. En la conexión domiciliaria no cumple con las normativas microbiológicas, demostrando la necesidad de implementar un programa de monitoreo que asegure una vigilancia sistemática.

Según Calderón (2017), en esta presente investigación del índice de calidad de aguas marino-costeras se evaluó el estado del recurso hídrico marino de las ecorregiones de Chile, permitiendo un análisis físico químico del agua considerando las áreas con una composición, para la realización del índice se considera la base de datos del 2017. Luego se seleccionan los parámetros fisicoquímicos, como el oxígeno disuelto, nitrato, fosfato, coliformes fecales, solidos suspendidos totales después se define la escala de valoración del índice en 5 categorías, excelente (calidad entre 91-100), bueno (calidad entre 71-90), razonable (calidad entre 51-70), contaminada (calidad entre 26-50), y muy contaminada a (calidad entre 10-25), en donde en la ecorregión de Atacama se obtuvo 58; en Paposo Taltal se tiene una calidad de 45; en Los Molles se tiene 66; en Chile central se obtuvo 60; en Chiloé Taitao, Kawesqar, Magallanes e Isla de Pascua se obtuvieron valores de 78, 97, 87, y 72.

Según Mendoza (2018), en esta presente investigación el objetivo es evaluar la calidad de agua superficial empleada para consumo humano en este centro poblado a través de algunos indicadores fisicoquímicos en laboratorio se analizan demanda química de oxígeno, sólidos totales, fosfatos, nitratos, sulfatos, y metales totales (arsénico, cadmio, calcio, cobre, hierro, magnesio, mercurio, plomo, potasio, sodio y zinc). El monitoreo de calidad de agua se realiza en junio y setiembre del 2017 se establecen ocho estaciones de muestreo dispuestas en el río Caracha, reservorio. Los resultados indican que todos los parámetros estudiados no sobrepasan los límites correspondientes establecidos, con excepción de fosfatos (1,51 ppm) en el puquial, y arsénico (0,13 ppm) en el río Caracha.

Tabla 3

*Clasificación de las aguas de acuerdo con el ICA*

Valor del ICA	Clase	Calidad del Agua
< 50	I	Excelente
50-100	II	Buena
100-200	III	Pobre
200-300	IV	Muy Pobre
>300	V	No apta para consumo humano

## CAPÍTULO II

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 2.1. Identificación del problema

En las diversas actividades del hombre, el recurso agua es el elemento vital presente para su propia supervivencia y desarrollo, que conlleva al aprovechamiento del agua para su consumo e inmerso en el desarrollo de sus diferentes actividades. La escasez del recurso agua y la restricción de acceder al agua de calidad, son factores que involucran al hombre en el origen de muchas enfermedades. La OMS, en la declaración de los derechos del hombre de 1948, insta que toda persona tiene derecho a un nivel de vida dotado para asegurar su salud, bienestar y el de su familia, lo que circunscribe el derecho al consumo del agua.

A nivel mundial el cuidado de la calidad del agua es carente, considerado como un problema prioritario debido al crecimiento demográfico de la población humana, así mismo por el crecimiento y expansión de las actividades agrícolas e industriales, por otro lado, se tiene el reto del cambio climático y del ciclo hidrológico; este problema bio-social es una preocupación para la humanidad que por su naturaleza conduce a valorar y a condicionar la calidad del agua para consumo humano. El dilema de la calidad del agua para consumo humano en el Perú, se debe a la despreocupación del ordenamiento y de la fiscalización a las fuentes de abastecimiento del agua para consumo humano, tal como ocurre en la cuenca del río Azángaro, en la Región Puno; siendo esta fuente hidrológica el principal efluente que abastece a la potabilización del agua para la ciudad de Azángaro; en la que las evaluaciones de la zona de captación y de la planta de potabilización de agua de la ciudad de Azángaro, adolece de una vigilancia rigurosa del recurso hídrico respecto al Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA) y al cumplimiento de lo establecido

por las normas de los estándares nacionales de Calidad Ambiental para el Agua (ECA), en el cual se indican los Índices de la Calidad Ambiental del Agua (ICA) y el D.S.N°004-2017-MINAM (2017), parámetros indispensables que norman el cumplimiento de la calidad del agua para consumo humano, con el objetivo de velar por el cuidado de la salud de los consumidores, de la calidad de vida de la población y del medio ambiente; por lo tanto, se debe realizar un cronograma periódico de acciones de vigilancia para tener la reducción de enfermedades debido a la calidad del agua y conllevar nuestra situación actual para que exista un adecuado servicio público de agua potable con condiciones de preservación en la salud del consumidor (Directiva Sanitaria N°058-MINSA/DIGESA, 2014).

El presente trabajo de investigación surge ante la necesidad de identificar y evaluar las condiciones del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA), en la fuente de pre-captación, fuente de captación y en el sistema de tratamiento de agua para su potabilización en la EPS Nor-Puno S.A. Azángaro, y de esta forma promover una propuesta de mejora de la calidad del agua. El análisis de la calidad del agua, la evaluación de posibles riesgos en la fuente de abastecimiento de agua, se desarrolló con la caracterización del agua del efluente río Azángaro en la zona de cabecera o de pre-captación y de la zona de captación del agua para su potabilización y consumo en la ciudad de Azángaro; las evaluaciones por su naturaleza comprenden la calidad físico química y microbiológico del agua según el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA) basados en normas nacionales del Índice de Calidad Ambiental del Agua (ECA), con el objetivo de garantizar que la población de la ciudad de Azángaro consuma agua de calidad sin enfrentar a enfermedades que afecten a la salud pública del consumidor de agua potable.

## **2.2. Enunciados del problema**

### **2.2.1. Pregunta general**

¿La evaluación del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua (IRCA) de la zona de pre-captación, captación y en la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Azángaro, establecerá mejorar las condiciones del sistema de potabilización del agua?

### 2.2.2. Preguntas específicas

¿En qué medida la caracterización físico-química y microbiológicos del agua del río Azángaro, en la zona de pre-captación, de captación y en la planta procesadora de potabilización, permitirá identificar los factores de amenaza, vulnerabilidad y de los Índices de Riesgo Sanitario de la Calidad de Agua para consumo humano?

¿La identificación de los Índices de Riesgo de Calidad de Agua (IRCA), en base a los Límites Máximo Permisibles (LMP) de las normas nacionales, del agua de la zona de pre-captación, de captación y del agua potabilizada en la EPS Nor-Puno S.A. Azángaro, definen la calidad del agua para consumo humano?

¿En qué medida la identificación de los factores de Índices de Riesgo de Calidad de Agua (IRCA) en base a normas nacionales de los Límites Máximo Permisibles (LMP), son indicadores para proponer medidas para el proceso de potabilización de agua en la planta de abastecimiento de la EPS Nor-Puno S.A. Azángaro?

### 2.3. Justificación

El estudio de investigación se enmarca en determinar los factores que intervienen en el cumplimiento de condiciones de calidad del agua en la fuente de pre captación, captación y en el proceso de potabilización del agua para consumo humano. La calidad del agua es un factor determinante para las condiciones de la salud de la población y en circunstancias muchas fuentes de captación de agua no cumplen con los estándares de calidad, existiendo casos que llegan a ser no aptas para consumo humano; estas valoraciones de la calidad del agua deben previamente ser evaluadas mediante estudios y dentro de estos se cuenta con la tasación mediante los Índices de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA), resultados que conducen a realizar el tratamiento del agua para cumplir con los normas en un sistema de potabilización apta para su consumo humano.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), estableció las “Normas Internacionales para el agua potable”, y en base a estos estándares fueron elaborados las “Guías para la Calidad del Agua Potable”. (Solsona, 2002), sostén para la ejecución de estándares y normas de calidad del agua potable para países en vías de desarrollo; en el caso del Perú se tienen las normas nacionales de los Índices de Calidad Ambiental del Agua (ICA), cuantificados por los Límites Máximos Permitidos (LMP) de parámetros físicoquímicos y microbiológicos del agua potable, aprobados por la legislación del Perú.



Por otra parte la OMS, como autoridad sanitaria internacional en materia de salud pública y de calidad del agua, dirige esfuerzos mundiales para prevenir la transmisión de enfermedades de origen hídrico, factores que deben ser controlados en la fuente de captación del agua, resultados básicos que permiten programar el proceso de su tratamiento y/o potabilización del agua para ofrecer agua con calidad para consumo humano; estas actividades deben ser promovidos por parte de gobiernos locales y regionales para cumplir con las normas sanitarias establecidas y poner en prácticas la gestión para ofrecer agua potable de calidad con menores riesgos para la salud de los consumidores; problema que en muchos casos es posible solucionar mediante estudios de prevención y dentro de estas se tiene la determinación del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA) para consumo humano, en base a normas nacionales por el Límite Máximo Permissible (LMP) del D.S.N°004-2017-MINAM (2017) y el reglamento de la calidad de agua para consumo humano, D.S.N°031-2010-SA-Ministerio de Salud (2010), en función a parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua. Cabe mencionar que el control del (IRCA) en la fuente de pre captación y captación del agua previene el manejo de un buen proceso de potabilización del agua apta para el consumo humano.

Con el fin de mejorar la calidad de vida en la población de la ciudad de Azángaro, se requiere implementar evaluaciones programadas de prevención para monitorear y evaluar los Índices de Riesgos de la Calidad de Agua (IRCA), en concordancia con los Límites Máximo Permisibles del reglamento de calidad del agua para consumo humano; con el objetivo de realizar correcciones preventivas del agua, en la zona de pre-captación, de captación y en el proceso de potabilización del agua en la empresa prestadora de Servicios EPS Nor-Puno S.A. Azángaro; para su cumplimiento con las normas nacionales del LMP del D.S.N°004-2017-MINAM (2017), y del (D.S.N°031-2010-SA-Ministerio de Salud, 2010).

## **2.4. Objetivos**

### **2.4.1. Objetivo general**

Evaluar el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para consumo humano (IRCA) en base a normas nacionales, del Límite Máximo Permissible de parámetros físico-químicos y microbiológicos de la zona de pre captación, de captación y del agua potabilizada para consumo en la EPS Nor-Puno S.A. Azángaro.

#### **2.4.2. Objetivos específicos**

Caracterizar los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua del río Azángaro en la zona de pre captación, de captación para potabilización y del agua potable procesado en la EPS Nor-Puno S.A.; para identificar las categorías de los factores de amenaza, vulnerabilidad y del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para consumo humano (IRCA).

Evaluar e identificar los Índices de Riesgo de Calidad de Agua (IRCA) en base a los Límites Máximo Permisibles (LMP), de parámetros físico-químicos y microbiológicos, para determinar la calidad del agua, apto para consumo humano, en la zona de pre captación, de captación y en el agua potable procesada por la EPS Nor-Puno S.A. Azángaro.

Evaluar el nivel de los factores de Índices de Riesgo de Calidad de Agua (IRCA) en base a normas nacionales de los Límites Máximo Permisibles (LMP), de parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua, para proponer medidas preventivas para el proceso de potabilización de agua para consumo humano en la planta procesadora de la EPS Nor-Puno S.A. Azángaro.

### **2.5. Hipótesis**

#### **2.5.1. Hipótesis general**

El Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para consumo humano (IRCA) y el Límite Máximo Permisible de las normas nacionales de calidad del agua, son evaluados mediante determinaciones de parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua.

#### **2.5.2. Hipótesis específicas**

La caracterización los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua del río Azángaro, en la zona de pre captación, de captación y en la planta procesadora de agua potable de la ciudad de Azángaro; permiten identificar los factores de amenaza, vulnerabilidad y del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA) para consumo humano.



Para identificar el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA) en base a los Límites Máximo Permisibles (LMP), estas deben ser evaluados mediante la valoración de parámetros físico-químicos y microbiológicos, que afectan la calidad del agua, apto para consumo humano.

Para proponer medidas y acciones para el proceso de potabilización de agua para consumo humano en la planta procesadora de la EPS Nor-Puno S.A. Azángaro; es necesario identificar los Límites Máximo Permisibles de la calidad del agua y los factores de Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de estudio

La ubicación territorial donde se realizó el trabajo de investigación está comprendida en el cauce del río Azángaro, ubicado al Nor-Este de la ciudad de Azángaro; en cuya ubicación geográfica se dimensionan los puntos de muestreo y al entorno del recorrido en el cauce del río Azángaro se aprovecha el uso del recurso hídrico para consumo humano y actividades agropecuarias.

##### a) Ubicación política

El cauce del río Azángaro se encuentra al interior de la cuenca del río Ramis, que se ubica en el departamento de Puno, el área de estudio ocupa las superficies del distrito de Azángaro y pertenece a:

Región : Puno.

Provincia : Azángaro.

Distrito : Azángaro.

M1 : Norte 8366552; Este 360420; y 3851msnm.

M2 : Norte 8352388; Este 372155; y 3849 msnm.

M3 : Norte 8352372; Este 372159; y 3850 msnm.

##### b) Ubicación hidrográfica

Sistema Endorreico: Sistema Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa.

Vertiente : Lago Titicaca.

Cuenca : Río Ramis.

### c) Características climatológicas

La cuenca del río Ramis, comprende el curso hidrográfico de la sub cuenca del río Azángaro, esta cuenta con un clima frígido y seco, con temperaturas medias anuales de 12°C, se caracteriza por presentar precipitaciones pluviales anuales en promedio de 700 mm, con estaciones de verano (diciembre – febrero) lluviosos y nubosos, e inviernos fríos y seco con fuertes heladas (junio-agosto).

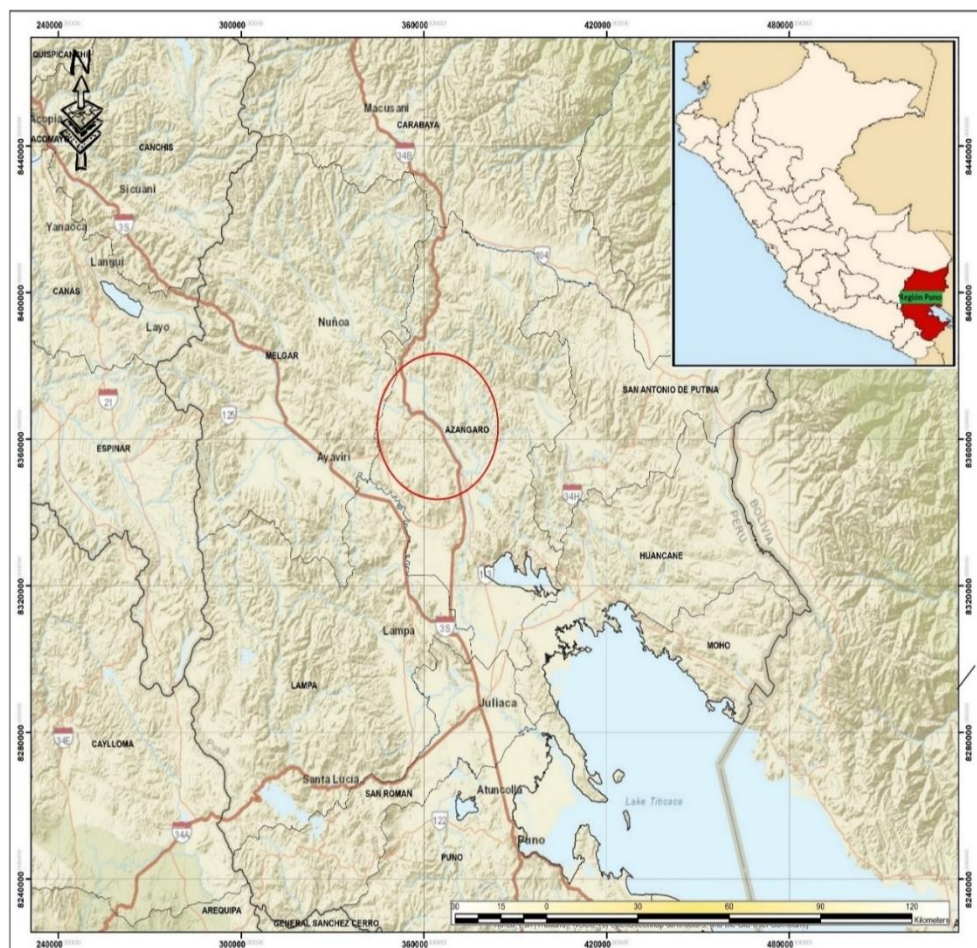


Figura 1. Ubicación de la sub cuenca del río Azángaro y puntos de muestreo

### **3.2. Población**

Para el desarrollo del estudio, se ubicaron tres puntos de muestreo de aguas del río Azángaro, situados en la zona Nor-Este de la ciudad de Azángaro, los puntos de muestreo fueron determinados en base a la determinación estratigráficos sistemáticos de la variación de parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua en la sub cuenca del río Azángaro, en periodos climatológicos de estiaje y de lluvias del año calendario, determinados en dimensiones de tiempo y espacios de la zona de estudio.

### **3.3. Muestra**

- Punto de Muestreo 1 (M1): Muestras de la zona de pre captación, en el sector Juntuma, en el punto de UTM. Norte: 8366552; Este: 360420; Altitud: 3851msnm.
- Punto de Muestreo 2 (M2): Muestras de la zona de captación, en el sector de ingreso de aguas de río a las galerías de filtración de la planta de tratamiento de potabilización, en el punto de UTM. Norte: 8352388; Este: 372155; Altitud: 3849 msnm.
- Punto de Muestreo 3 (M3): Muestras de efluentes de agua desinfectada y de distribución a las redes desde la planta de potabilización, de la EPS. Nor - Puno S.A.; en el punto de UTM. Norte: 8352372; Este: 372159; Altitud: 3850 msnm.

Las muestras de agua, se ha obtenido concordantemente con el Reglamento de la Calidad de Agua para consumo humano, D.S.N°031-2010-SA-Ministerio de Salud (2010), realizada in situ, fueron sometidos al control de parámetros físicos, mediante evaluación de un multiparámetro; así mismo las muestras de aguas, para las evaluaciones físico-química y microbiológicos, fueron preparadas y acondicionadas para su envío a los laboratorios analíticos del sur; laboratorio de ensayo acreditado por INACAL, con Registro N° LE-050 DA-PERÚ.; de la ciudad de Arequipa.

### **3.4. Método de investigación**

#### **3.4.1. Protocolo de muestreo, transporte y conservación de muestras de agua con fines para consumo humano**

De acuerdo a la Resolución Jefatural N°010-2016-ANA (2016). Se planificó el muestreo de agua de la subcuenca del río Azángaro, precisando

nuestros objetivos de análisis físico-químico y microbiológico para consumo humano, ejecutando el procedimiento de muestreo con cuidado para la toma de la muestra, condiciones de traslado y conservación, el que fue consensuado previamente con el laboratorio con el cual se planifica realizar el análisis (Laboratorios Analíticos del Sur - INACAL. DA-Perú registro N° LE-050; de la ciudad de Arequipa), en este sentido se tomaron muestras de agua representativas de las tres fuentes de muestreo citados (M1, M2 y M3), con protocolos de custodia. Teniendo los requerimientos de:

**a) Material de campo**

- Envases de PVC.
- Envases rotulados para el muestreo.
- Planillas de registro, libreta de campo.
- Cooler porta muestras.
- Conservadora con hielo refrigerante.
- Gotero para incorporar soluciones preservantes de las muestras.
- Dispositivo para la toma de la muestra.
- GPS.
- Medidor de pH portátil.
- Conductímetro portátil.
- Termómetro.
- Agua destilada para la limpieza de los electrodos y sondas.

**b) Método de muestreo**

Método de muestreo empleado: Por el método de muestra integrada según recomendaciones de la Resolución Jefatural N°010-2016-ANA (2016), la muestra integrada consiste en la homogenización de muestras puntuales

tomadas en diferentes puntos simultáneamente, con la finalidad de conocer las condiciones de calidad de agua promedio en los cuerpos de agua.

Dentro de esta clasificación, se ubican las muestras integradas área que comprenden varias muestras simples tomadas en varios puntos de una determinada área acuática (ancho de un río) y las muestras integradas de profundidad, que abarcan muestras simples o compuestas tomadas a lo largo de la columna de agua. El primer caso mide el ancho del río y se divide en cuatro secciones iguales. Se toman muestras a  $\frac{1}{4}$ , a  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{4}$  de la sección transversal del río. Posteriormente se homogenizan partes iguales de cada muestra obtenida. La muestra preferencialmente se toma a la mitad de la profundidad del río.

En cada punto de muestreo se recolecto un volumen de 2 litros de agua, para obtener un volumen final homogenizado de 6 litros de agua. De esta se toman sub muestras de agua, luego se toman las muestras requeridas para cada parámetro físico-químico y microbiológico, acondicionados con sus respectivos preservantes; muestras que son enviadas al laboratorio certificado LAS-Arequipa.

El volumen de la muestra requerida para cada parámetro físico-químico y microbiológico son determinados según protocolo del requerimiento por el laboratorio de análisis de aguas.

### c) **Envío de Muestras al laboratorio**

Por vía, Courier con su respectiva cadena de custodia.

### 3.4.2. **Recopilación de información**

Para elaborar el estudio de la identificación y evaluación de las amenazas y vulnerabilidades del recurso hídrico y del Índice Riesgo de la Calidad de Agua para consumo humano en la sub cuenca hidrográfico del río Azángaro, se realizó las siguientes actividades:

Se solicitó a la empresa prestadora de servicios EPS Nor-Puno S.A. Azángaro, la localización y el plano hidrográfico de la sub cuenca del río Azángaro.



Se obtuvo información de las características físico-químicas y microbiológicas del agua de la fuente hídrica abastecedora para el tratamiento de agua potable para la ciudad de Azángaro.

La información pertinente se obtiene de observaciones, visitas técnicas de campo y evaluaciones de la calidad del agua del área de estudio, en forma cualitativa y cuantitativa, procesados mediante análisis in situ y en laboratorio de parámetros físico-químico y microbiológico de aguas de la sub cuenca del río Azángaro.

### 3.4.3. Parámetros mínimos recomendados para el monitoreo de la calidad de recursos hídricos superficiales

Los parámetros mínimos recomendados para la evaluación del monitoreo de la calidad de agua superficial de la categoría D.S.N°004-2017-MINAM (2017), del estándar de calidad ambiental del agua para consumo humano son expuestos en la tabla 4.

Tabla 4

*Parámetros mínimos recomendados para el monitoreo de la calidad de recursos hídricos superficiales*

Parámetros	Categoría 1
Parámetros de campo	pH, Ce, OD, temperatura (T), STD, salinidad.
Parámetros físico-químico	DBO <sub>5</sub> , DQO, Aceites y Grasas (A y G), N – NO <sub>3</sub> , N – NH <sub>3</sub> , P, metales (Al, As, B, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn).
Parámetros microbiológicos	Coliformes termotolerantes, <i>Escherichia coli</i> , coliformes totales, organismos de vida libre.

Fuente: Resolución Jefatural N°010-2016-ANA (2016), pág 18.

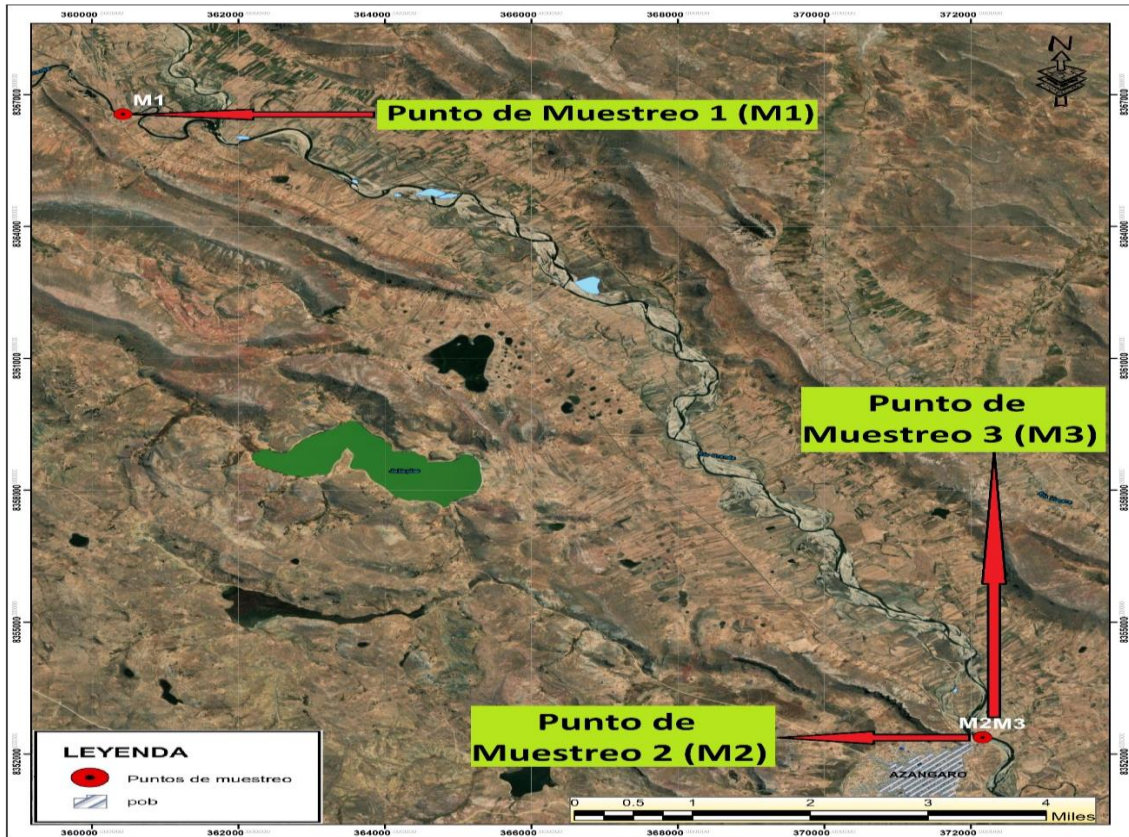


Figura 2. Ubicación de los puntos de muestreo de aguas



Figura 3. Muestreo M1



Figura 4. Muestreo M2 y M3

### 3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

#### 3.5.1. Materiales, equipos y reactivos

- Materiales: Probetas, matraces volumétricos, vasos de precipitación, matraces Erlenmeyer, buretas, pipetas, hielo refrigerante, cooler para muestras, frascos porta muestras, pisetas.
- Equipos: Multiparámetro para determinación de parámetros de Conductividad Eléctrica (Ce), Temperatura (T), Salinidad (Sa), Solidos Disueltos Totales (STD). Equipo Oxímetro (OD), pH-metro, muestreador para aguas, equipo GPS, cronometro.
- Reactivos: Ácido Clorhídrico (c) (HCl), Ácido Sulfúrico (c) (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), Ácido Nítrico (c) (HNO<sub>3</sub>), Hidróxido de Sodio (NaOH) y agua destilada.

### **3.5.2. Parámetros recomendados para el monitoreo de la calidad del agua de los recursos hídricos superficiales**

Los parámetros mínimos a considerar de acuerdo con la categoría del recurso asignado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), a los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua, aprobados por el MINAM, mediante el (D.S. 015-2015- MINAM, 2015).

### **3.5.3. Caracterización de parámetros físico-químicos y microbiológicos de aguas del río Azángaro**

Las aguas superficiales del río Azángaro, se caracterizaron mediante evaluación analítico de parámetros físicos-químicos y microbiológicos; fueron valorados seis parámetros in situ y nueve parámetros de análisis cuantitativo en laboratorio certificado, comprendidos por:

#### **Parámetros físicos-químicos**

Parámetros físico-químicos evaluadas in situ, que corresponden a las determinaciones de:

- Conductividad eléctrica. Ce.
- Temperatura. T. (°C).
- Potencial de hidrogeno (pH).
- Salinidad. Sa. (%).
- Solidos totales disueltos. STD.
- Oxígeno disuelto. OD.

Para la determinación de los parámetros citados se utilizó el instrumento multiparámetro hanna, modelo H19829 in situ.

#### **Parámetros físico-químicos para análisis en laboratorio**

Los parámetros físico-químicos para análisis en laboratorio fueron evaluados en los Laboratorios Analíticos del Sur (LAS Arequipa), de la ciudad de Arequipa. laboratorio certificado por INACAL. DA-Perú-Registro N° LE-050. El análisis cuantitativo en laboratorio comprende los parámetros físico químicos de:

- Demanda bioquímica de oxígeno. DBO.

- Demanda química de oxígeno. DQO.
- Nitrógeno nitrato  $\text{NO}_3^{-1}$ .
- Fosforo total, como  $(\text{PO}_4^{-3})$ .
- Metales [arsénico (As), cobre (Cu), plomo (Pb)].
- Parámetros microbiológicos para análisis en laboratorio.

Los parámetros microbiológicos para análisis en laboratorio fueron evaluados en los Laboratorios Analíticos del Sur (LAS. Arequipa), de la ciudad de Arequipa. laboratorio certificado por INACAL. DA-Perú-Registro N° LE-050. Los análisis cuantitativos en laboratorio comprenden los parámetros microbiológicos de:

- Coliformes totales (NMP/100mL).
- Coliformes termotolerantes (fecales). (NMP/100 mL).

Los parámetros físico-químicos y microbiológicos, evaluados corresponden a las muestras de aguas de las zonas de:

- Zona de pre captación. Punto de muestreo (M1).
- Zona de captación. Punto de muestreo (M2).
- Zona y sector de la planta de potabilización del agua, en la EPS Nor-Puno S.A. Punto de muestreo (M3).

El control de los parámetros analizados cuantitativamente en laboratorio, fueron determinaciones base para identificar y calificar las categorías de los factores de amenaza, vulnerabilidad y del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua IRCA - Sanitario, para consumo humano, por la población de la ciudad de Azángaro.

#### **3.5.4. Evaluación de amenazas o peligros de la calidad del agua para consumo humano**

Las amenazas de la calidad del agua para consumo humano, en la subcuenca del río Azángaro, fueron evaluados desde los puntos de: Zona de pre-captación (M1) “sector Juntuma”; zona de captación (M2) “sector bocatoma” y zona de la planta de potabilización del agua, por la EPS Nor-Puno S.A. Punto de muestreo (M3).

La fuente hídrica evaluada, comprenden las aguas naturales superficiales de la sub cuenca del río Azángaro, en el punto de muestreo (M3), es tratada y potabilizada para su distribución a las redes de agua potable para consumo y uso del agua, para la ciudad de Azángaro. Para la evaluación de las amenazas se consideraron cuatro niveles:

- a. Amenaza Baja (B): Cumplen en forma integral con los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales.
- b. Amenaza Media (M): Cumplen parcialmente los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales.
- c. Amenaza Alta (A): No cumplen con los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales.
- d. Amenaza Muy Alta (MA): No cumplen con los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales. En su evaluación reportan valores muy superiores a la amenaza alta.

La evaluación de las amenazas es categorizada según la identificación de los niveles expuestos en la tabla 5. En esta se exponen las amenazas más resaltantes del área de estudio, expresados en cuatro niveles de amenaza: Muy Alta (MA), Alta (A), Media (M) y Baja (B), considerando su probabilidad y características, respectivamente.

Tabla 5

*Identificación de amenazas para la calidad de agua de consumo humano de la sub cuenca del río Azángaro para pre-captación, captación, planta de tratamiento-redes de distribución de agua potable*

Amenazas	MA	A	M	B	Probabilidad	Características
1. Las zonas son expuestas a inundaciones.						
2. Las zonas son expuestas a deslizamientos y derrumbes.						
3. Las zonas son expuestas a sequias, zonas áridas o semi áridas.						
4. Las zonas son expuestas a contaminación ambiental.						
5. Las zonas son expuestas a contaminación por agroquímicos.						
6. Las zonas son expuestas a incendios forestales.						
7. Las zonas son expuestas a cambios físicos por precipitaciones pluviales.						
8. Se presenta reducción temporal o permanente de la disponibilidad de agua natural por falta de precipitaciones.						
9. Se presenta incremento de turbiedad por aporte de sedimentos, ocasionados por erosión y remoción de terrenos en el cauce del río.						
10. Se presentan daños o deterioros total o parcial por causas naturales, que influyen en la captación y distribución en red del agua.						

11. Se tiene actividades presencia de actividades antropogénicas en la cuenca, que formen impactos negativos de parámetros físico químicos y microbiológicos.
  12. Existe medios de señalización, de prevención, respecto al uso del agua de río y medios de infraestructura de protección en las zonas de pre captación y de bocatoma.
- 

### **3.5.5. Evaluación de la vulnerabilidad y la calidad del agua para consumo humano**

La evaluación de la vulnerabilidad se realiza en el área de estudio, en de la sub cuenca del río Azángaro, desde los puntos de: En la zona de pre captación (M1), “sector Juntuma”; Zona de captación (M2), de la fuente hídrica de agua natural “sector Bocatoma”; Zona y sector “Planta de potabilización por “Desinfección físico-químico” del agua (M3) y su posterior distribución a las redes de agua potable para consumo y de uso para otras actividades en la ciudad de Azángaro. Se seleccionó la información necesaria de la cuenca de abastecimiento de agua y el régimen de distribución de agua potable; cuyas evaluaciones se realizaron mediante la determinación de las variables de:

- Variables de vulnerabilidad ambiental: Contempla la información de la cantidad de agua en la fuente de abasto, continuidad de la fuente de abasto, inseguridad relacionados con eventos naturales que ponen en riesgo la calidad del agua.
- Variables de vulnerabilidad sanitaria: Es el nivel de tratamiento del agua para la potabilización, con control del estado físico de componentes de calidad del agua de abastecimiento para consumo humano; para lo cual se tiene tres niveles.



- Vulnerabilidad Baja (B): Cumple íntegramente con los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales.
- Vulnerabilidad Media (M): Cumple parcialmente con los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales.
- Vulnerabilidad Alta (A): No cumple con los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales.
- Vulnerabilidad Muy Alta (MA): No cumple con los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales. En su evaluación reportan valores muy superiores a la vulnerabilidad alta.

La evaluación de las vulnerabilidades, fue considerado en función a las actividades contaminantes, sanitarias y ambientales, los que se categorizaron en tres niveles: Muy Alto (MA), Alto (A), Medio (M) y Bajo (B); orientados por los Límites Máximo Permisibles (LMP) de la calidad ambiental para agua (aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable), para consumo humano, categoría A1, D.S.N°004-2017-MINAM (2017). En la tabla 6, la matriz 2, considera la evaluación de la: identificación, categorización, probabilidad y características de la vulnerabilidad.

Tabla 6

*Identificación de vulnerabilidades de la calidad de agua de la sub cuenca río Azángaro en zonas de pre-captación, bocatoma y tratamiento de agua potable para consumo humano*

Vulnerabilidad	MA	A	M	B	Probabilidad	Características
1. Se cuenta con control de laboratorio, para la caracterización de las sustancias físico químicas y microbiológicas que afectan la calidad del agua.						
2. Se cuenta con monitoreos físico químicos y microbiológico, en los puntos de pre captación (M1), captación o boca toma (M2) y de efluente primario, para la red de distribución del agua potable.						
3. Se tiene capacidad instalada para tratamiento						

- de contaminantes del agua para su potabilización.
4. Se cuenta con capacidad instalada para el tratamiento y potabilización del agua.
5. Se cuenta con disponibilidad básica de laboratorio para control de calidad primaria del agua.
6. Se cuenta con capacidad financiera destinadas para el tratamiento del agua frente a sustancias contaminantes de la calidad del agua.
7. Se cuenta con disponibilidad de manual de operación y mantenimiento de la zona de pre captación y captación de agua para potabilización.
8. Cuenta con contingencia técnica y personal preparado para asistencia a emergencias de cambios de calidad del agua en la zona de pre captación, captación del agua para su tratamiento de potabilización.
9. Cuenta con contingencia técnica y personal preparado para asistencia a emergencias frente a cambios de calidad del agua para consumo humano y a daños operativos.
10. Contingencia de Infraestructura física para acumular agua en emergencias de escases en las zonas de pre captación y captación de agua, para su tratamiento de potabilización.
11. Condiciones ecológicas.
12. Localización de viviendas.
- 

Las probabilidades de evaluación para la identificación de amenazas de la matriz 1 y la evaluación de vulnerabilidades de la matriz 2; de la calidad de agua para consumo humano, del acueducto río Azángaro, se muestra en la tabla 7 y 8.

Tabla 7

*Matriz de calificación de amenazas y vulnerabilidades*

Probabilidad	Ocurrencias	Valores (%)	Niveles
<b>0,76- 1,00</b>	Frecuente	76 - 100	<b>M.A.</b>
<b>0,51 – 0,75</b>	Probable	51- 75	<b>A</b>
<b>0,26 – 0,50</b>	Ocasional	26 - 50	<b>M</b>
<b>0 &lt; 0,25</b>	Improbable	00 < 25	<b>B</b>

Fuente: SANBASUR-COSUDE (2012).

Una vez evaluadas la relación de las amenazas y vulnerabilidades, se determina el riesgo que influenciara en la calidad del agua para consumo humano según las amenazas y vulnerabilidades que se exponen en la tabla 8.

Tabla 8

*Matriz para la categorización de riesgo en función del análisis de amenaza y vulnerabilidad de la calidad del agua para consumo humano*

Amenaza	Vulnerabilidad	Detalle del Riesgo	Categoría Riesgo	Probabilidad
A	A	Amenaza Alta y Vulnerabilidad Alta	Alto	Frecuente
A	M	Amenaza Alta y Vulnerabilidad Moderada	Moderado	Probable
A	B	Amenaza Alta y Vulnerabilidad Baja	Bajo	Remota
M	A	Amenaza Moderada y Vulnerabilidad Alta	Moderado Alto	Probable
M	M	Amenaza Moderada y Vulnerabilidad Moderada	Moderado	Improbable
M	B	Amenaza Moderada y Vulnerabilidad Baja	Moderado Bajo	Ocasional
B	A	Amenaza Baja y Vulnerabilidad Alta	Bajo	Remota
B	M	Amenaza Baja y Vulnerabilidad Moderada	Bajo	Remota
B	B	Amenaza Baja y Vulnerabilidad Baja	Bajo	Remota

### 3.5.6. Índice de Riesgo Sanitario de la Calidad del Agua para consumo humano (IRCA)

El Índice de Riesgo Sanitario de la Calidad del Agua para consumo humano, (IRCA), es la consideración del grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano. Mediante la evaluación del IRCA, se señalan las características de control de los parámetros físico químicos y microbiológicos del agua, los que se deben inspeccionar mediante instrumentos básicos y con cronograma calendarizada de las frecuencias



de control y vigilancia para la calidad del agua de consumo humano. En el Perú los Índices de Riesgo Sanitario de la Calidad del Agua para consumo humano son evaluados mediante los Índices de Calidad Ambiental del Agua (ICA), mediante los valores de los Límites Máximo Permisibles, LMP (D.S.N°004-2017-MINAM, 2017).

En la tabla 9. Se muestran los valores según normas nacionales de los niveles de los Valores Máximo Admisibles (VMA) y los puntajes del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA), valores establecidos por normas nacionales de la república de Colombia, Resolución N° 2115-Colombia (2007), para la evaluación de diferentes parámetros de interés sanitario de la calidad del agua para consumo humano.

Tabla 9

Valores Máximo Admisibles (VMA) – Límite Máximo Permisible (LMP), para el agua y puntaje del Índice de Riesgo del Agua (IRCA)

Parámetros	Unidad de Medida	(VMA)	Puntaje IRCA	(LMP) (ICA)
pH	[H <sub>3</sub> O] <sup>+</sup>	6,5 - 9	1,5	6,5 – 8,5
Color aparente	(UPC)	15,00	6	15,00
Turbiedad	(NTU)	2,00	15	5,00
Oxígeno disuelto	(mg · L <sup>-1</sup> )	6,5 - 8	10	>=6
Conductividad eléctrica	(μc · cm <sup>-1</sup> )	1000,00	1	1500,00
Solidos totales disueltos	(mg · L <sup>-1</sup> )	1000,00	5	1000,00
Cloro residual	(mg · L <sup>-1</sup> )	0,3 - 2	15	2,00
Alcalinidad total (CaCO <sub>3</sub> )	(mg · L <sup>-1</sup> )	200,00	1	---
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )	(mg · L <sup>-1</sup> )	300,00	1	500,00
Calcio (Ca)	(mg · L <sup>-1</sup> )	60,00	1	---
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	(mg · L <sup>-1</sup> )	0,50	1	0,10
Manganeso (Mn)	(mg · L <sup>-1</sup> )	0,10	1	0,10
Molibdeno (Mo)	(mg · L <sup>-1</sup> )	0,07	1	---
Magnesio (Mg)	(mg · L <sup>-1</sup> )	36,00	1	---
Zinc (Zn)	(mg · L <sup>-1</sup> )	3,00	1	3,00
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	(mg · L <sup>-1</sup> )	250,00	1	250,00
Cloruros (Cl <sup>-1</sup> )	(mg · L <sup>-1</sup> )	250,00	1	250,00
Hierro total (Fe)	(mg · L <sup>-1</sup> )	0,30	1,5	0,30
Arsénico (As)	(mg · L <sup>-1</sup> )	0,01	1	0,01
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup> )	(mg · L <sup>-1</sup> )	10,00	1	10,00
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-1</sup> )	(mg · L <sup>-1</sup> )	0,10	3	1,00
Aluminio (Al <sup>+3</sup> )	(mg · L <sup>-1</sup> )	0,20	3	0,20
Fluoruros (F <sup>-1</sup> )	(mg · L <sup>-1</sup> )	1,00	1	1,00
COT (COT <sup>-1</sup> )	(mg · L <sup>-1</sup> )	5,00	3	5,00
DBO <sub>5</sub>	(mg · L <sup>-1</sup> )	5,00	10	3,00
DQO	(mg · L <sup>-1</sup> )	20,00	10	10,00
Coliformes totales	UFC/100 cm <sup>3</sup>	0,00	15	0,00
<i>Escherichia</i>	UFC/100 cm <sup>3</sup>	0,00	25	0,00

Fuente: Ministerio de la Protección Social. MAVDT-Colombia (2007), D.S.N°004-2017-MINAM (2017).

El indicador (IRCA), es el resultado de la asignación de puntajes de riesgo de la calidad del agua, contemplado en la tabla 8, utilizando las siguientes formulas.

### IRCA por muestra

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignado a las características no aceptable}}{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignado a todas las características analizadas}} \times 100 \quad (3)$$

### IRCA por muestra total

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\Sigma \text{ de los IRCA obtenidos en cada muestra realizada}}{\text{Número total de muestras realizadas}} \times 100 \quad (4)$$

Con los resultados obtenidos del IRCA sanitario por muestra y del IRCA sanitario por muestra total, los que fueron evaluados por las ecuaciones 3 y 4; y en función a la tabla 10; se determinó la clasificación del nivel de riesgo del agua potable para consumo humano en la ciudad de Azángaro, suministrada por la empresa prestadora de servicio EPS Nor-Puno S.A. Azángaro, así mismo de estas evaluaciones, se obtienen las acciones que deben ser realizadas por la autoridad sanitaria competente.

Tabla 10

#### *Clasificación del nivel de riesgo sanitario del agua suministrada para consumo humano*

Clasificación IRCA (%)	Nivel de riesgo IRCA (%)	IRCA - Muestra (Notificaciones que adelantara la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA Total (Acciones)
80,1-100	Inviabile Sanitariamente Muy Alto	Informar a la empresa prestadora de servicios EPS. Alcalde, Gobernador y procuraduría general.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la empresa prestadora de servicios. Alcaldes, Gobernador y entidades del orden nacional.
35,1 - 80	Alto	Informar a la empresa prestadora de servicios. Alcalde. Gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la empresa prestadora de servicios y de los alcaldes y gobernador respectivo.
14,1 - 35	Medio	Informar a la empresa prestadora de servicios. Alcalde y Gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la empresa prestadora de servicios.
5,1 – 14	Bajo	Informar a la empresa prestadora de servicios.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.
0 – 5	Sin Riesgo	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.

Fuente: Ministerio de la Protección Social. MAVDT-Colombia (2007).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente capítulo de trabajo de investigación, presenta los datos y resultados obtenidos de los análisis físico-químicos y microbiológicos para determinar las amenazas, vulnerabilidades y riesgo sanitario de la calidad de agua de la cuenca del río Azángaro, desde los puntos de: pre captación “sector Juntuma” (M1), captación de la fuente hídrica del agua natural “sector bocatoma” (M2) y en la fuente del “afluente inicial” de distribución a las redes de agua potable (M3) para consumo y de uso del agua para otras actividades en la ciudad de Azángaro.

Primero se evalúa las amenazas, en seguida la vulnerabilidad del riesgo de la calidad del agua. Para la evaluación de las amenazas se identificaron las amenazas naturales biológicas, hidrometeorológicas, geológicas, antropogénicas, tecnológicas, geopolíticas y socio económicas, que pueden presentarse en un espacio y tiempo determinado. INDECI (2012). Para la evaluación de la vulnerabilidad se identificaron las vulnerabilidades físicas de los componentes de infraestructura de calidad de su construcción, vulnerabilidad organizativa institucional y empresarial, vulnerabilidad cultural y socioeconómica, vulnerabilidad ambiental sobre la sub cuenca y de la calidad de agua, variabilidad climática, deforestación y contaminación antropogénica.

#### **4.1. Parámetros recomendados para el monitoreo de la calidad de recursos hídricos superficiales**

Los parámetros recomendados para el monitoreo de parámetros físico-químicos y microbiológicos, de los recursos hídricos superficiales son expuestos en la tabla 4, y de estas se ha tomado los parámetros de calidad de agua de mayor representatividad, para su



evaluación del Índice de Riesgo Sanitario, de la calidad de agua para consumo humano en la ciudad de Azángaro.

Tabla 11

*Evaluación del Índice de Riesgo Sanitario mediante parámetros físico químicos y microbiológicos de la calidad de agua superficial para consumo humano en la ciudad de Azángaro. Evaluación del Índice de Riesgo Sanitario mediante parámetros físico químicos y microbiológicos de la calidad de agua superficial para consumo humano en la ciudad de Azángaro*

Parámetros	Categoría 1
Parámetros de campo	pH, Ce, OD, temperatura (T), STD, salinidad.
Parámetros físico-químico	DBO <sub>5</sub> , DQO, NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup> , P, cloro residual, metales (As, Cu, Pb).
Parámetros microbiológicos	Coliformes termotolerantes (fecales), coliformes totales.

En la tabla 11, se exponen los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua que fueron elegidos en campo (en situ); cuyos parámetros se controlaron en laboratorio; parámetros que permiten determinar el nivel riesgo sanitario de la calidad de agua para consumo humano en la ciudad de Azángaro. Son de importancia determinar los parámetros físico-químicos de pH, Ce, OD, temperatura, salinidad, STD; en los puntos de muestreo para el control y vigilancia de la calidad de agua para consumo humano (Dueñas *et al.*, 2018).

## 4.2. Análisis de amenazas

Se identificaron las amenazas naturales biológicas, hidrometeorológicas, geológicas, antropogénicas, tecnológicas, geopolíticas y socio económicas, que pueden presentarse en un espacio y tiempo determinado (INDECI, 2012).

### 4.2.1. Evaluación de amenazas

Para la evaluación de las amenazas ocasionados por deterioro natural del suelo, por disponibilidad de uso del suelo y de actividades antropogénicas al entorno de las aguas de río en la zona de estudio, para evaluarlos se realizaron visitas e inspecciones sanitarias de la fuente hídricas en las zonas de pre-captación, de captación y la planta de tratamiento de agua potable de Azángaro.

Una vez seleccionado la información de la sub cuenca hidrográfica del río Azángaro en la zona de estudio, desde los puntos de pre-captación “sector Juntuma” (M1), captación de la fuente hídrica del agua superficial natural “sector bocATOMA” (M2) y en la fuente del “efluente inicial” (M3), de distribución a las redes de agua potable para consumo y de uso del agua para otras actividades en la ciudad de Azángaro. Para la evaluación de las amenazas en cuatro niveles:

- a. Amenaza Baja (B): Cumple totalmente con los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales.
- b. Amenaza Media (M): Los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales son parcialmente cumplidos.
- c. Amenaza Alta (A): No cumplen con los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales.
- d. Muy Alta (MA): Con evaluación extremo, de no cumplir íntegramente con los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales.

Para la evaluación de las amenazas y de vulnerabilidad, se consideran cuatro niveles de amenazas: Muy Alta (MA), Alta (A), Media (M) y Baja (B), expuestos en la tabla 8, y de características y probabilidades en la tabla 12.

Tabla 12

*Matriz de calificación y respuestas a amenazas y vulnerabilidades*

Probabilidad	Ocurrencias	Valores	Niveles
	Frecuente	0,76 – 1,00	MA
	Probable	0,51 – 0,75	A
	Ocasional (Moderado)	0,41 – 0,50	M
	Aceptable	0,21 – 0,40	B
	Remota (Improbable)	< 0,20	B

Fuente: SANBASUR-COSUDE (2012).

Donde: A= Alto; Muy Alto; M= Medio; B= Bajo.

La identificación de las amenazas de la calidad de agua superficial de la sub cuenca del río Azángaro, se desarrollaron para el área de estudio de pre-captación, captación y de la planta de tratamiento de aguas y su distribución en redes; evaluaciones que se categorizan en la matriz de la tabla 13.

Tabla 13

*Matriz de evaluación para la identificación de amenazas en la calidad de agua para consumo humano de la sub cuenca río Azángaro*

Amenazas	MA	A	M	B	Probabilidad	Características
1. Las zonas son expuestas a inundaciones.		A			Probable (0,75)	El área rural en estudio se encuentra expuesto a amenazas por: inundaciones, desbordes y por causas naturales, debido a inundación aluvial y temporal ensanchamiento del cauce del río Azángaro.
2. Las zonas son expuestas a deslizamientos, derrumbes o caída de bloques.			M		Ocasional (0,60)	En la zona de estudio principalmente en los meses de diciembre a marzo ocurren precipitaciones pluviales; las laderas marginales del río Azángaro por causas naturales y antropogénicas presentan mediana probabilidad de deslizamiento.
3. Las zonas son expuestas a sequías, presentación de zonas áridas y semi áridas.	MA				Frecuente (0,85)	En la zona de estudio principalmente en los meses de abril a noviembre no ocurren precipitaciones pluviales, en esta época el acueducto está expuesta a sequías con presencia de rozamiento en el suelo con presencia de zonas áridas y semi áridas.
4. Las zonas son expuestas a contaminación ambiental.			M		Ocasional (0,60)	Existe exposición de contaminación ambiental del agua de río: media en la zona de pre captación; alta en la zona de bocatoma y ausencia en la planta de tratamiento y en las redes de distribución de agua potable, administrada por la empresa prestadora de servicios y alcantarillado Azángaro.
5. Las zonas son expuestas a contaminación por agroquímicos.			M		Ocasional (0,50)	Son aportes de contaminantes no puntuales y transitorios que afectan a la calidad del agua en la zona de pre captación y en la zona de bocatoma.
6. Las zonas son expuestas a incendios forestales.				B	Aceptable (0,40)	Posibles amenazas a incendios forestales en forma esporádica.

<p>7. Las zonas son expuestas a cambios físicos de la subcuenca por precipitaciones pluviales.</p>	<p>A</p>	<p>Probable (0,70)</p>	<p>Por precipitaciones pluviales existe cambios de caudal en la zona de bocatoma y sus accesos.</p>
<p>8. Se presenta reducción temporal o permanente de la disponibilidad de agua potable por falta de precipitaciones.</p>	<p>M</p>	<p>Ocasional (0,60)</p>	<p>En épocas de estiaje o sequía, se presentan reducción temporal de la disponibilidad de agua, con ausencia de planes de contingencia de racionamiento temporal de disponibilidad de agua potable.</p>
<p>9. Se presenta incremento de turbiedad por aporte de sedimentos ocasionados por erosión y remoción de terrenos en el cauce del río.</p>	<p>MA</p>	<p>Frecuente (0,80)</p>	<p>Aumento de turbiedad por incremento de precipitación pluvial.</p>
<p>10. Se presentan daños o deterioro total o parcial por causas naturales que influyen en la captación y distribución en red del agua.</p>	<p>M</p>	<p>Ocasional (0,55)</p>	<p>Los componentes de daños o deterioro del sistema del flujo de agua en el río Azángaro, por causas naturales en la zona de captación o bocatoma y en la red de distribución son evaluados permanentemente.</p>
<p>11. Se tiene presencia de actividades antropogénicas en la cuenca y zona de captación, que formen impactos negativos de parámetros físico químicos y microbiológicos.</p>	<p>MA</p>	<p>Frecuente (0,90)</p>	<p>La ubicación de la zona de pre-captación presenta actividades antropogénicas debido a descargas de fluentes de aguas residuales provenientes de las pozas de baños de aguas termales volcánicas. La zona de bocatoma del río Azángaro no es adecuada, por alta presencia de actividades antropogénicas en el área.</p>
<p>12. Existe medios de señalización y prevención respecto al uso del agua de río y medios de infraestructura de protección en las zonas de pre captación y de bocatoma.</p>	<p>MA</p>	<p>Frecuente (0,90)</p>	<p>Se tiene ausencia de medios de señalización de prevención respecto al uso del agua de río y de medios de infraestructura de protección en las zonas de pre captación y de bocatoma.</p>

Fuente: INDECI (2006).

Del análisis de la matriz de amenazas, se tiene la presencia de niveles de amenazas Altas (A) y Muy Altas (MA) debido a actividades antropogénicas en la subcuenca del río Azángaro, en la zona de pre- captación (M1) se tiene la descarga de efluentes de aguas residuales provenientes de las pozas de baños de aguas

termales volcánicas del sector Juntuma, que producen impactos negativos en las concentraciones de los parámetros físico químicos y microbiológicos de las aguas del río Azángaro; así mismo en este sector, de la sub cuenca del río Azángaro, se tiene la ausencia de medios de señalización de prevención respecto al uso del agua, específicamente en la zona de pre captación y de captación o bocatoma; así mismo de las evaluaciones realizadas con respecto a la exposición de sequias en la zona de estudio, se tiene presentación de zonas áridas y semi áridas, debido a la erosión del terreno en el cauce del río, que en forma indirecta aportan contaminantes de Sólidos Disueltos Totales (STD) y de Sólidos en Suspensión (SS) que producen la turbiedad del agua, generalmente con concentraciones superiores a los Límites Máximo Permisibles (LMP), contaminantes que causa efectos negativos en la salud del consumidor de agua de esta fuente.

Respecto al análisis de amenazas Media (M), la zona de estudio está expuesta a inundaciones, a deslizamientos, a derrumbes o caída de bloques de terrenos que consecuentemente por su presencia están expuestos a cambios físicos de incremento de peligros de turbiedad en el agua, con mayor aporte debido a precipitaciones pluviales y a la reducción temporal de la disponibilidad de agua potable por falta de precipitaciones en tiempos de estiaje.

También se tienen amenazas Bajas (B) debido a la zona de estudio está expuesta ocasionalmente a contaminación por agroquímicos, a la exposición remota a incendios forestales y ocasionalmente se presentan daños, deterioros parciales por causas naturales que influyen en la captación y en la red de distribución de agua potable para consumo humano.

#### **4.3. Análisis de la vulnerabilidad**

Se identificaron las vulnerabilidades físicas de los componentes relacionados con las infraestructuras de ubicación y calidad de su construcción, vulnerabilidad de la capacidad organizativa institucional y empresarial, vulnerabilidad cultural y socioeconómica, vulnerabilidad ambiental sobre la sub cuenca y de la calidad de agua para consumo humano recomendados por Resolución Jefatural 015-2015-MINAM (2015), con vulnerabilidad ambiental con presencia de variabilidad climática, deforestación y contaminación antropogénica. Vulnerabilidades que en conjunto

constituyen potenciales de daño, que en lo posterior se podría esperar consecuencias que conduzcan a desastres de vulnerabilidad en la calidad del agua del sector de estudio.

#### 4.3.1. Evaluación de la vulnerabilidad

Para la evaluación de la vulnerabilidad se seleccionó la información necesaria obtenido de visitas técnicas en la sub cuenca del río Azángaro; fuente hídrica que abastece agua para el tratamiento de potabilización para consumo humano de la ciudad de Azángaro. La evaluación de la vulnerabilidad se realizó en los puntos de muestreo (M1) de pre captación y en el punto de muestreo (M2) de captación o bocatoma, para los cuales se consideraron las variables de:

- Variables ambientales, que comprende la cantidad y continuidad de flujo natural de agua de la fuente de pre captación, captación cuyo abastecimiento, puede presentar debido a eventos naturales un estado de inseguridad y de dificultades a la calidad del agua para su tratamiento y potabilización.
- Variables sanitarias, que comprende el nivel de seguridad sanitaria del estado físico y de calidad de los componentes del agua de abastecimiento para su potabilización.

La vulnerabilidad se categorizo según los indicadores de vulnerabilidad expuestos en la tabla 6. La evaluación de las vulnerabilidades del área de estudio, consideran cuatro niveles de vulnerabilidades: Muy alta (MA), alta (A), Media (M) y Baja (B); considerando sus características y probabilidades respectivamente, cuya evaluación se exponen en la tabla 12. Matriz de calificación, evaluación y respuestas a las amenazas y vulnerabilidades de la calidad de agua para consumo humano, de la sub cuenca del río Azángaro; para su evaluación se consideraron tres niveles.

- a. Vulnerabilidad Baja (B): Cumple en forma completa con los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales.
- b. Vulnerabilidad Media (M): Cumple parcialmente con los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales.
- c. Vulnerabilidad Alta (A) y Vulnerabilidad Muy Alta (MA): No cumple con los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales.

Para la identificación de las vulnerabilidades de la calidad de agua superficial de la sub cuenca del río Azángaro, se tiene categorizado en la matriz, de la tabla 14.

Tabla 14

*Matriz de identificación de vulnerabilidad de la calidad de agua de la sub cuenca río Azángaro en áreas de pre-captación, captación y tratamiento de agua potable para consumo humano*

Vulnerabilidad	MA	A	M	B	Probabilidad	Características
1. Calendarización para caracterización de sustancias físico químicas y microbiológicas que afectan la calidad del agua.			M		Aceptable (0,40)	El acueducto río Azángaro en el área de pre captación, no cuenta con control de calidad del agua. La zona de captación o boca toma y la planta de tratamiento, cuentan con control de calidad del agua por laboratorios certificados, a solicitud de la EPS Nor-Puno S.A. Azángaro.
2. Monitoreos físico químicos y microbiológico, en los puntos de pre captación (M1), captación (M2) y para la red de distribución del agua potable.	MA				Frecuente (0,90)	La EPS Nor-Puno S.A. Azángaro, en la zona de pre captación no cuenta con infraestructura civil para evitar la contaminación por efluentes de aguas residuales antropogénicas de recreación.
3. Capacidad instalada para el pre tratamiento de contaminantes del agua en la zona de captación del agua superficial.	MA				Frecuente (0,90)	La EPS Nor-Puno S.A. Azángaro, no cuenta con infraestructura física instalada para el pre tratamiento de contaminantes del agua en las zonas de pre captación y de captación del agua superficial.
4. Capacidad instalada para el tratamiento y potabilización del agua.				B	Aceptable (0,25)	La EPS Nor-Puno S.A. Azángaro, en la zona de captación o bocatoma, cuenta con galerías de filtración lenta y la planta de tratamiento, cuenta con proceso de desinfección por cloración del agua.
5. Disponibilidad básica de laboratorio para control de calidad primaria del agua.			M		Ocasional (0,50)	La EPS Nor-Puno S.A. Azángaro, cuenta con equipos básicos para control primario del agua, para evaluar el pH, conductividad eléctrica, turbiedad y cloro residual libre; parámetros indicadores de la calidad de agua para consumo humano.
6. Capacidad financiera destinadas para el tratamiento del agua frente a sustancias contaminantes de la calidad del agua.			M		Ocasional (0,50)	La EPS Nor-Puno S.A. Azángaro, cuenta, con capacidad financiera mediana, para confrontar situaciones de emergencia para el tratamiento de agua cuando esta se presenta.

7. Disponibilidad de manual de operación y mantenimiento de la zona de pre captación y captación de agua para potabilización.	B	Aceptable (0,21)	La EPS Nor-Puno S.A. Azángaro, cuenta, con manual de operaciones y mantenimiento para el área de captación, planta de tratamiento y de redes de distribución, de acuerdo a normas de las EPS, para potabilización del agua.
8. Contingencia técnica y personal preparado para asistencia a emergencias de cambios de calidad del agua en zonas de pre captación y captación del agua, para su potabilización,	M	Ocasional (0,45)	La EPS Nor-Puno S.A. Azángaro, cuenta con personal capacitado y asistencia técnica para las áreas de captación y tratamiento de agua para potabilización de categoría 1.
9. Contingencia técnica y personal preparado para asistencia a emergencias frente a cambios de calidad del agua para consumo humano y a daños operativos.	A	Probable (0,70)	La EPS Nor-Puno S.A. Azángaro, cuenta con limitado personal preparado para emergencia y contingencias técnicas sobre cambios de la calidad del agua para consumo humano y control de daños operativos, para evitar pérdidas de carga de agua, en zonas de captación, planta de tratamiento y redes de distribución de agua potable.
10. Contingencia de Infraestructura física para acumular agua en emergencias de escases en la zonas de pre captación y captación de agua, para su tratamiento de potabilización.	MA	Frecuente (0,90)	La EPS Nor-Puno S.A. Azángaro, no cuenta con contingencia de infraestructura física para acumular agua en emergencias de escases en la zona de pre captación y captación de agua.
11. Condiciones ecológicas.	A	Probable (0,70)	En la conservación de recursos naturales, medianamente se practica la deforestación, existe incremento de contaminación antropogénica directa, en las zonas de pre captación y captación de agua, para su potabilización a la categoría 1.
12. Localización de viviendas.	A	Probable (0,75)	Se tiene localización de viviendas cercanos entre 1 – 5 Km, en el área de pre-captación y presencia de viviendas urbanos en la zona de captación de agua de río.

Fuente: INDECI (2006).

El análisis de la matriz de vulnerabilidad del acueducto de la sub cuenca del río Azángaro, son categorizados por la presencia de niveles de vulnerabilidad Alta (A) y Muy Alta (MA), vulnerabilidad Medio (M) y vulnerabilidad baja, debido a que la EPS Nor-Puno S.A. Azángaro, en la zona de pre captación no



cuenta con infraestructura civil para evitar la contaminación por efluentes de aguas residuales de actividades antropogénicas de recreación, de probabilidad frecuente y así mismo se cuenta con limitado cantidad de personal preparado para control de emergencia y contingencias técnicas sobre cambios de la calidad del agua y de daños operativos, para evitar pérdidas de carga de agua, en las zonas de pre captación, captación, planta de tratamiento y redes de distribución de agua potable de probabilidad probable.

En el área de la sub cuenca del rio Azángaro; en la zona de pre captación (M1) se tienen descargas de efluentes de aguas residuales provenientes de las pozas de baños de aguas termales volcánicas, utilizados como pozas para baño y limpieza de uso antropogénica, que producen impactos negativos de la calidad de agua en sus parámetros físico químicos y microbiológicos, así mismo se tiene la ausencia de medios de señalización de prevención respecto al uso del agua en las zonas de pre captación y de captación o bocatoma; seguido a la exposición de sequias o estiaje en época de invierno y exceso de precipitación pluvial en época de verano, en la zona de estudio, con presentación de zonas áridas y semi áridas que por erosión del terreno en el cauce del rio aportan, en forma indirecta contaminantes de Solidos Disueltos Totales (STD) y de Solidos en Suspensión (SS) que producen la turbiedad del agua, que a la posterioridad causan efectos negativos en la salud del consumidor de agua.

#### **4.4. Identificación de amenazas y vulnerabilidad en la calidad de agua para consumo humano de la sub cuenca rio Azángaro**

Las amenazas y vulnerabilidades se identificaron para determinar la importancia de cada uno de los indicadores de amenazas y vulnerabilidad que son sujetos para su análisis de probabilidad y de ocurrencia, para asignarles un grado de riesgo.

##### **4.4.1. Análisis de amenazas**

Se identifican las amenazas naturales biológicas, hidrometereológicas, geológicas, antropogénicas, tecnológicas, geopolíticas y socio económicas, que se presentaron en el espacio y tiempo determinado durante cuatro diferentes fechas de estudio desde:

Toma de muestras de agua en cada área de estudio comprendido entre las 08 a 12 horas del día, con código de Fecha – Muestreo (F-M), para los meses de:

- Fecha - Muestreo (FM-I), correspondiente al mes de estiaje para, noviembre del 2021.
- Fecha - Muestreo (FM-II), correspondiente a la época de temporada de inicio de lluvias para el mes de diciembre del 2021.
- Fecha - Muestreo (FM-III), correspondiente a época de lluvias para el mes de enero del 2022.
- Fecha - Muestreo (FM-IV), correspondiente a época de lluvias para el mes de febrero del 2022.

La matriz de la tabla 13, de evaluación para la identificación de amenazas en la calidad del agua para consumo humano de la sub cuenca río Azángaro, reporta los siguientes resultados, que se muestran en la tabla 15.

Tabla 15

*Identificación de amenazas en la calidad de agua para consumo humano de la sub cuenca río Azángaro*

Descripción	Factor de Presencia	% de Presencia	Calificación- Probabilidad	Ponderación
Muy Alto (MA)	04	33,30	0,81 – 1,00	Frecuente
Alto (A)	02	16,70	0,61 – 0,80	Probable
Media (M)	05	41,70	0,41 – 0,60	Ocasional
Bajo (B)	01	08,30	0,21 – 0,40	Aceptable
<b>Total</b>	12	100%		

Para la evaluación de las amenazas se consideraron cuatro niveles de los cuales se tiene el mayor porcentaje % de presencia para los niveles de:

- Amenaza Media (M) con presencia del 41,70%: Es el nivel que indica que cumple parcialmente los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales; calificado como amenaza ocasional. Los resultados se deben a que, en la zona de estudio, en los meses de diciembre a marzo ocurren precipitaciones pluviales, consecuentemente las laderas marginales del río Azángaro por

causas naturales y antropogénicas presentan mediana probabilidad de deslizamiento; y en épocas de estiaje o sequía, se presentan reducción temporal de la disponibilidad de agua, con ausencia de planes de contingencia de racionamiento temporal de disponibilidad de agua potable. Los componentes de daños o deterioro por causas naturales en el sistema del flujo de agua en el río Azángaro, en la zona de captación o bocatoma y en la red de distribución son evaluados permanentemente.

- Amenaza Muy Alta (MA) con presencia del 33,30%: Es el nivel que indica, que no cumple con los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales, calificado como amenaza frecuente, debido a que en la zona de estudio principalmente en los meses de abril a noviembre no ocurren precipitaciones pluviales y en esta época el acueducto está expuesta a sequías con presencia de rozamientos en el suelo, con presencia de zonas áridas y semi áridas. Así mismo esta zona de estudio es expuesta a cambios físicos de la sub cuenca por precipitaciones pluviales en los meses de noviembre a marzo, produciéndose incremento de turbiedad del agua por aporte de sedimentos ocasionados por erosión y remoción del terreno; la zona de pre captación presenta actividades antropogénicas debido a descargas de fluentes de aguas residuales provenientes de las pozas de baños de aguas termales volcánicas que existen en la zona. Así mismo se tiene ausencia de medios de señalización preventivas respecto al uso del agua de río y de medios de infraestructura de protección en las zonas de pre captación y de captación o bocatoma. Las amenazas citadas tienen relación directa con la evaluación del índice de calidad del agua superficial para consumo humano y la identificación de las amenazas (Gil *et al.*, 2018).

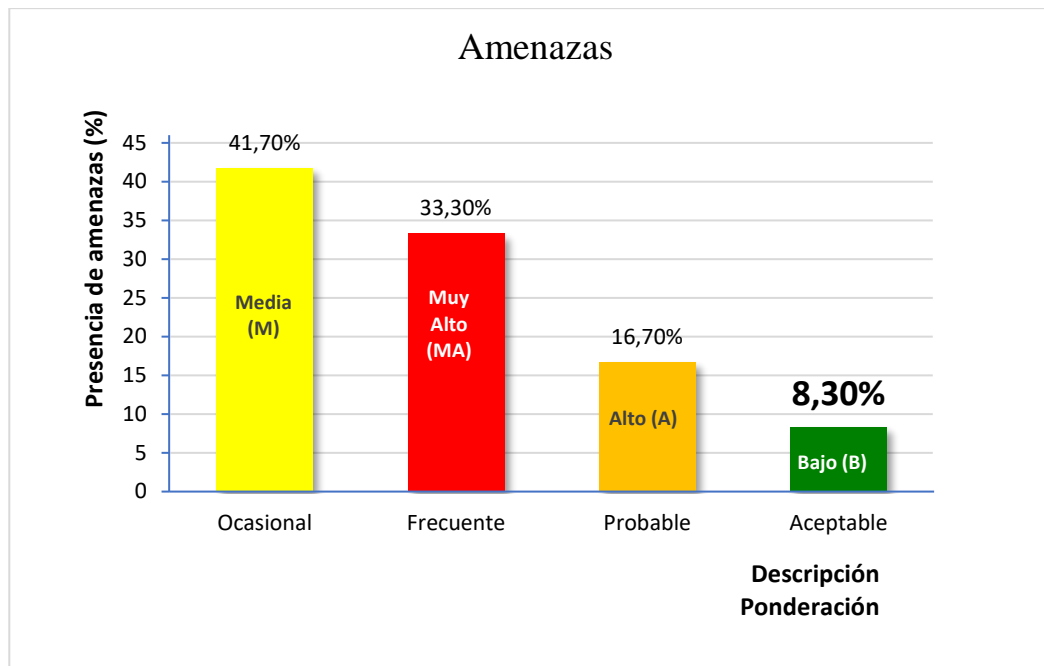


Figura 5. Descripción de amenazas en la calidad de agua para consumo humano de la sub cuenca río Azángaro

En la figura 5, de la descripción de amenazas en la calidad de agua para consumo humano de sub cuenca del río Azángaro, se aprecia que la ponderación aceptable de Amenaza Bajo (B), cumple con los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales con el 8,30% frente a un 41,7% de Amenaza Media (AM).

## Discusión

Los resultados de estudio de las amenazas a la calidad de agua son muy aceptables y se tiene que en las tres zonas; pre-captación (M1), captación (M2) y planta de potabilización-desinfección físico-químico (M3), las amenazas son de nivel Bajo por la topografía y los materiales de los ríos son botaderos de material de color gris, esto quiere decir que no habrá derrumbes notables, por tener cauce de los ríos definidos, tal como se afirma. Estos valores son bastante aceptables tal como ha obtenido resultados en los trabajos realizados por él (Instituto Nacional de Salud Colombia, 2019).

### 4.4.2. Análisis de vulnerabilidad

Se identifican las vulnerabilidades físicas de los componentes de infraestructura de ubicación, calidad de su construcción, vulnerabilidad

organizativa de la capacidad institucional y empresarial, vulnerabilidad cultural y socioeconómica, vulnerabilidad ambiental sobre la sub cuenca y de la calidad de agua, vulnerabilidad ambiental con presencia de la variabilidad climática, deforestación y contaminación antropogénica. Potencial de daño que se podría esperar de ser afectado por un desastre, que se presentaron en el espacio y tiempo determinado durante cuatro diferentes fechas de estudio desde:

Toma de muestras de agua en cada área de estudio comprendido entre las 08 a 12 horas del día, con código de Fecha – Muestreo (F-M), para los meses de:

- Fecha - Muestreo (FM-I), correspondiente al mes de estiaje para, noviembre del 2021.
- Fecha - Muestreo (FM-II), correspondiente a la época de temporada de inicio de lluvias para el mes de diciembre del 2021.
- Fecha - Muestreo (FM-III), es de la época de lluvias mes de enero del 2022.
- Fecha - Muestreo (FM-IV), correspondiente a época de lluvias para el mes de febrero del 2022.

En la tabla 14, de la evaluación para la identificación de amenazas en la calidad del agua para consumo humano de la sub cuenca del río Azángaro, reporta los siguientes resultados que se muestran en la tabla 16.

Tabla 16

*Identificación de vulnerabilidad en la calidad de agua para consumo humano de la sub cuenca río Azángaro*

Descripción	Factor de Presencia	% de Presencia	Calificación-Probabilidad	Ponderación
Muy Alto (MA)	03	25,00	0,81 – 1,00	Frecuente
Alto (A)	03	25,00	0,61 – 0,80	Probable
Media (M)	04	33,30	0,41 – 0,60	Ocasional
Bajo (B)	02	16,70	0,21 – 0,40	Aceptable
<b>Total</b>	12	100%		

Para la evaluación de vulnerabilidad se consideraron cuatro niveles:

- Vulnerabilidad Media (M) con presencia del 33,30%; es el nivel que cumple parcialmente los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales; calificado como vulnerabilidad ocasional debido a que el acueducto río Azángaro en el área de estudio de pre captación, no cuenta con control de calidad del agua. La zona de captación o bocatoma y la planta de tratamiento, cuentan con control de calidad del agua por laboratorios certificados, a solicitud de la EPS Nor-Puno S.A. Azángaro. La empresa EPS Nor-Puno S.A. Azángaro cuenta con equipos básicos para control primario del agua, para evaluar el pH, conductividad eléctrica, turbiedad y cloro residual libre; parámetros indicadores de la calidad de agua para consumo humano. Así mismo la empresa cuenta, con capacidad financiera mediana, para confrontar situaciones de emergencia para el tratamiento de agua cuando esta se presenta. La empresa, cuenta con personal capacitado y asistencia técnica para las áreas de captación y tratamiento de agua para potabilización de categoría 1.
- Vulnerabilidad Muy Alta (MA) y Alta (A) con presencia del 25,00% respectivamente: Es el nivel que no cumple con los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales, calificado como vulnerabilidad frecuente y probable, debido a que no se cuenta con infraestructura física instalada para el pre tratamiento de contaminantes del agua en las zonas de pre-captación y de captación del agua superficial de río. La EPS Nor-Puno S.A. Azángaro, cuenta con limitado personal preparado para emergencia y contingencias técnicas sobre cambios de la calidad del agua para consumo humano y control de daños operativos, para evitar pérdidas de carga de agua, en zonas de captación, planta de tratamiento y redes de distribución de agua potable. Así mismo la empresa no cuenta con contingencia de infraestructura física para acumular agua en emergencias de escases en la zona de pre-captación y captación de agua. En la conservación de recursos naturales, medianamente se practica la deforestación, existe incremento de contaminación antropogénica directa, en las zonas M1 y M2 del agua, para su potabilización a la categoría 1. Se tiene viviendas cercanas entre 1 – 5 Km, en el área de pre-captación y presencia de viviendas urbanas en la zona de captación de agua.

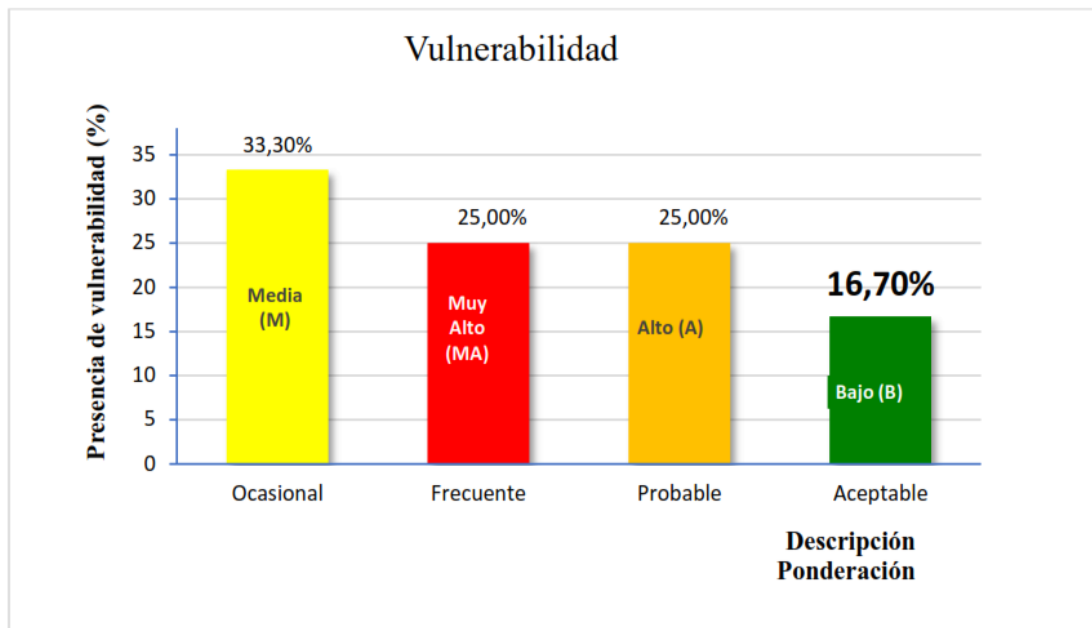


Figura 6. Descripción de la vulnerabilidad en la calidad de agua para consumo humano de la sub cuenca río Azángaro

En la figura 6, se observa la descripción de la vulnerabilidad en la calidad de agua para consumo humano de sub cuenca río Azángaro, en ésta se verifica que la ponderación aceptable es de vulnerabilidad Baja (B), que cumple con los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales con un 16,70% frente a un 33,30% de Vulnerabilidad Media (M) de presencia ocasional; seguido de vulnerabilidades del 25,00 %, de Alto (A) de presencia probable y vulnerabilidad Muy Alto (MA) de presencia frecuente. La ponderación de la vulnerabilidad aceptable es corroborada por la presencia de vulnerabilidad física, que se basa en la exposición y resistencia de los elementos a los efectos adversos de las diversas amenazas y así mismo la vulnerabilidad institucional es responsabilidad de la aptitud del ente prestador del servicio para incluir en sus labores de gestión del riesgo con capacidades técnicas, administrativas, financieras y legales para conocer y reducir el riesgo manifestado en la vulnerabilidad (Martínez *et al.*, 2015).

#### 4.5. Calificación del nivel de riesgo por amenazas y vulnerabilidad en la calidad de agua para consumo humano de la sub cuenca del río Azángaro

La determinación de las amenazas y vulnerabilidades realizados en la sub cuenca del río Azángaro, fuente de abastecimiento de agua potable de categoría A1 D.S.N°004-2017-MINAM (2017), para la ciudad de Azángaro; estas fueron las evaluadas y en las

áreas geográficas de estudio de pre-captación (M1), captación o bocatoma (M2), planta de tratamiento de agua (M3) y su distribución para la red de agua potable (M4). Las identificaciones de amenazas y vulnerabilidad de la calidad de agua para consumo humano son categorizadas en base a las calificaciones expuestas en la tabla 15 para amenazas y tabla 16 para vulnerabilidades, y la determinación del nivel de riesgo se realiza en función a la tabla 8.

El riesgo en la calidad del agua es la probabilidad de que las amenazas produzcan los desastres y que la vulnerabilidad no represente un peligro; con la probabilidad de que ocurra un desastre. La categorización del riesgo evaluado en función del análisis de amenaza y vulnerabilidad de la calidad del agua para consumo humano, posee el nivel de categoría de Riesgo Moderado, de suceso improbable, valor que se encuentra expuesto en la tabla 17.

Tabla 17

*Matriz para la categorización de riesgo en función de análisis de amenaza y vulnerabilidad del agua para consumo humano*

Amenaza	Vulnerabilidad	Detalle del Riesgo	Categoría Riesgo	Probabilidad
A	A	Amenaza alta y Vulnerabilidad alta	Alto	Frecuente
A	M	Amenaza alta y Vulnerabilidad Moderada	Moderado	Probable
A	B	Amenaza alta y Vulnerabilidad Baja	Bajo	Remota
M	A	Amenaza Moderada y Vulnerabilidad alta	Moderado Alto	Probable
M	M	Amenaza Moderada y Vulnerabilidad Moderado	Moderado	Improbable
M	B	Amenaza Moderada y Vulnerabilidad Baja	Moderado Bajo	Ocasional



<b>B</b>	<b>A</b>	Amenaza baja y vulnerabilidad alta	Bajo	Remota
<b>B</b>	<b>M</b>	Amenaza baja y Vulnerabilidad Moderada	Bajo	Remota
<b>B</b>	<b>B</b>	Amenaza baja y Vulnerabilidad baja	Bajo	Remota

#### 4.6. Índice de Riesgo Sanitario de la Calidad del Agua para consumo humano (IRCA)

El Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para consumo humano IRCA, en función a la calidad sanitaria de parámetros físico químicos y microbiológicos, es la consideración del grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento del Límite Máximo Permissible (LMP) de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano. Por medio de la cual se señalan las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. En el Perú los índices de riesgo de la calidad del agua para consumo humano pueden ser evaluados por los Índices de Calidad Ambiental del Agua (ICA), mediante los Límites Máximo Permisibles (LMP). (D.S.N°004-2017-MINAM, 2017).

En la tabla 18. Se muestran los niveles máximo aceptables y los puntajes del índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA), para diferentes parámetros de interés, que engloba la evaluación de la calidad del agua para abastecimiento de agua a la ciudad de Azángaro. Las evaluaciones se realizaron en base a normas nacionales del Perú, mediante la consideración de los Índices de Calidad Ambiental del Agua (ICA) y de los Límites Máximo Permisibles (LMP), D.S.N°004-2017-MINAM (2017) y a normas del sistema de control de calidad de agua para consumo humano de la república de Colombia. Resolución N° 2115-Colombia (2007), que consideran los puntajes establecidos y se calcula para obtener el IRCA.

Tabla 18

Valores máximo aceptables para el agua y puntaje del Índice de Riesgo del Agua (IRCA)

Parámetros	Unidad de Medida	Valor máximo aceptable	Puntaje IRCA	Límite Máximo Permisible (LMP)
T°	°C	0 - 30	1	0-30
pH	[H <sub>3</sub> O] <sup>+</sup>	6,5 - 9	1	6,5 – 8,5
Oxígeno disuelto	(mg · L <sup>-1</sup> )	6.5 - 8	1	>= 6
Conductividad eléctrica	(µc · cm <sup>-1</sup> )	1000,00	1	1 500,00
Solidos totales disueltos	(mg · L <sup>-1</sup> )	1000,00	5	1 000,00
Cloruros (Cl <sup>-1</sup> )	(mg · L <sup>-1</sup> )	250,00	1	250,00
Cloro residual	(mg · L <sup>-1</sup> )	0,30 – 2,00	15	0,50
Salinidad	(mg · L <sup>-1</sup> )	250,00	1	250,0
Turbiedad	(NTU)	5,00	1	5,00
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	(mg · L <sup>-1</sup> )	0,50	1	0,10
Arsénico (As)	(mg · L <sup>-1</sup> )	0,01	1	0,01
Cobre (Cu)	(mg · L <sup>-1</sup> )	2,00	1	2,00
Plomo (Pb)	(mg · L <sup>-1</sup> )	0,01	1	0,01
Magnesio (Mg)	(mg · L <sup>-1</sup> )	36,00	1	36,00
Manganeso (Mn)	(mg · L <sup>-1</sup> )	0,10	1	0,10
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup> )	(mg · L <sup>-1</sup> )	10,00	1	10,00
DBO <sub>5</sub>	(mg · L <sup>-1</sup> )	5,00	1	3,00
DQO	(mg · L <sup>-1</sup> )	20,00	1	10,00
Coliformes totales	UFC/100 cm <sup>3</sup>	0,00	1	50,00
Coliformes termotolerantes	UFC/100 cm <sup>3</sup>	0,00	25	00,00

El indicador del Riesgo de la Calidad Sanitaria del Agua (IRCA), es el resultado de asignar el puntaje de riesgo contemplado en la tabla 11, y el IRCA se calcula, en base a resultados de los puntajes evaluados, utilizando las siguientes formulas.

#### IRCA por muestra

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignado a las características no aceptable}}{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignado a todas las características analizadas}} \times 100 \quad (4)$$

#### IRCA por muestra total

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\Sigma \text{ de los IRCA obtenidos en cada muestra realizada}}{\text{Número total de muestras realizadas}} \times 100 \quad (5)$$

Con los resultados del IRCA obtenidos por muestra y del total, se determina el nivel de riesgo del agua suministrada para consumo humano para la ciudad de Azángaro, procesado por la empresa prestadora EPS Nor-Puno S.A. Azángaro. La clasificación de nivel de riesgo se muestra en la tabla 19, y así mismo se señalan las acciones que debe

realizar las autoridades sanitarias competentes (Ministerio de la Protección Social. MAVDT-Colombia., 2007).

Tabla 19

*Clasificación del nivel del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua suministrada para consumo humano*

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo IRCA	IRCA - Muestra (Notificaciones que adelantara la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA Total (Acciones)
80,1-100	Inviabile Sanitariamente	Informar a la empresa prestadora de servicios EPS. alcalde y gobernador local.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la empresa prestadora de servicios. alcaldes, gobernador y entidades del orden nacional.
35,1 - 80	Alto	Informar a la empresa prestadora de servicios. Alcalde. Gobernador local.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la empresa prestadora de servicios y del alcalde y gobernador respectivo.
14,1 - 35	Medio	Informar a la empresa prestadora de servicios. Alcalde y Gobernador local.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la empresa prestadora de servicios.
5,1 – 14	Bajo	Informar a la empresa prestadora de servicios.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.
0 – 5	Sin Riesgo	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.

Fuente: Ministerio de la Protección Social. MAVDT-Colombia (2007), Resolución N° 2115-Colombia (2007).

#### 4.7. Evaluación del Índice de Riesgo Sanitario de la Calidad del Agua para consumo humano (IRCA) en la sub cuenca del rio Azángaro

La evaluación de campo se realizó en la sub cuenca del rio Azángaro, en las áreas de estudio de:

- Área pre-captación, con código de muestreo (M1) corresponde al sector Juntuma de coordenadas UTM 0360420 - 8366552.

- Área captación, con código de muestreo (M2) corresponde al sector de captación o bocatoma EPS Nor-Puno S.A. de coordenadas UTM 0372159 - 8352372.
- Área planta de tratamiento de agua potable, con código de muestreo (M3) corresponde al sector de planta de tratamiento de agua potable clase A-1, de la EPS Nor-Puno S.A. Azángaro, de coordenadas UTM 0372136.00 m E, 8352336.00 m S.

Se tomaron muestras de agua en cada área de estudio comprendido entre las 08 a 12 horas del día, con código de Fecha – Muestreo (F-M), para los meses de:

- Fecha - Muestreo (FM-I), correspondiente al mes de estiaje para, noviembre del 2021.
- Fecha - Muestreo (FM-II), correspondiente a la época de temporada de inicio de lluvias para el mes de diciembre del 2021.
- Fecha - Muestreo (FM-III), correspondiente a época de lluvias para el mes de enero del 2022.
- Fecha - Muestreo (FM-IV), correspondiente a época de lluvias para el mes de febrero del 2022.

La certificación de los resultados de análisis físico-químico y microbiológico de las muestras de agua fueron realizadas en los laboratorios certificados de los “Laboratorios Analíticos del Sur. INACAL – DA – PERÚ. Registro N° LE – 050”, Arequipa Perú.

Los análisis de los parámetros del agua se realizaron con muestreo y determinaciones in situ. Directiva Sanitaria N°058-MINSA/DIGESA, 2014), Ministerio de la Protección Social. MAVDT-Colombia (2007); cuyas muestras son enviados al laboratorio, “Laboratorios Analíticos del Sur. INACAL – DA – PERÚ. Registro N° LE – 050”. Las determinaciones in situ, fueron evaluados utilizando instrumental de multiparámetros que comprenden los parámetros físico-químicos de:

Tabla 20

*Parámetros físico-químicos evaluadas in situ*

Parámetros de campo In situ	Categoría A-1
Parámetros:	pH. Potencial de hidrogeneon
	Ce. Conductividad eléctrica
	OD. Oxígeno disuelto
	T°. Temperatura (°C)
	STD. Solidos totales disueltos
	S. Salinidad

El análisis fue realizado en los “Laboratorios Analíticos del Sur. INACAL–DA–Perú. Registro N° LE–050” de la ciudad de Arequipa, que comprenden los parámetros físico-químicos y microbiológicos, los que se exponen en la tabla 21.

Tabla 21

*Parámetros físico-químicos y microbiológicos para análisis en laboratorio*

Parámetros para laboratorio.	Categoría A-1.
Parámetros físico-químicos:	DBO <sub>5</sub> . Demanda biológica de oxígeno.
	DQO. Demanda química de oxígeno.
	NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup> . Nitrato.
	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> . Fosfato.
	<b>Metales</b>
	As. Arsénico.
	Cu. Cobre.
	Pb. Plomo.
Parámetros microbiológicos:	- Coliformes termotolerantes (fecales).
	- Coliformes totales.

#### 4.8. Resultados de la evaluación de parámetros físico-químicos y microbiológicos de aguas de la sub cuenca río Azángaro, para determinación del IRCA

Se desarrollaron la evaluación de parámetros físico-químicos y microbiológicos de aguas de la sub cuenca río Azángaro, para determinación del Índice de Riesgo de la

Calidad de Agua IRCA - Sanitario, para consumo humano, comprendido en los tres sectores de muestreo.

En la tabla 20, se muestran las evaluaciones de los parámetros físico-químicos y microbiológicos de aguas de la sub cuenca del río Azángaro, para determinar el IRCA-Sanitario en la zona de pre-captación - sector “Juntuma” (M1).

Tabla 22

*Evaluación de parámetros físico-químicos y microbiológicos de aguas de la sub cuenca río Azángaro para determinar el IRCA - Sanitario - zona pre-captación - sector “Juntuma” (M1)*

Muestreo y Evaluaciones (E) Zona pre captación - sector “Juntuma” (M1)							
Parámetro	Unidad	E1	E2	E3	E4	Promedio	LMP
<b>Físico-Químico</b>							
T°	°C	15,00	14,20	14,40	14,00	14,40	A
pH	[H <sub>3</sub> O] <sup>+</sup>	6,95	7,20	7,30	7,26	7,18	A
O.D.	mg L <sup>-1</sup>	5,40	6,01	6,40	6,30	6,03	A
C.e.	µs cm <sup>-1</sup>	866,00	1020,00	1020,00	980,00	971,50	A
STD.	mg L <sup>-1</sup>	18,00	29,00	22,00	48,00	29,25	A
Salinidad	mg L <sup>-1</sup>	0,41	0,36	0,22	0,26	0,31	A
Turbiedad	NTU	25,00	23,00	25,00	39,00	28,00	NA
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg L <sup>-1</sup>	15,7	10,6	14,8	14,49	13,89	NA
P	mg L <sup>-1</sup>	0,1257	B<0,0103	B<0,0054	B<0,0054	B<0,037	A
DBO <sub>5</sub>	mg L <sup>-1</sup>	1,00	2,00	2,00	2,00	1,75	A
DQO	mg L <sup>-1</sup>	10,50	3,60	3,60	4,40	5,53	A
As	mg L <sup>-1</sup>	0,0031	0,0091	B<0,0012	0,0130	0,0066	A
Cu	mg L <sup>-1</sup>	0,0123	B<0,002	B<0,002	B<0,002	b<0,005	A
Pb	mg L <sup>-1</sup>	B<0,0026	B<0,0026	B<0,0026	B<0,0026	B<0,0026	A
<b>Microbiológico</b>							
Coliforme Total	NMP/ 100mL	2,00	3,5E+04	3,5E+04	540,00	1,7E+04	NA
C.T.T(Fecales)	NMP/ 100mL	<1,8	3,3E+03	3,3E+03	13,00	1653 ,00	NA

Donde: Límite Máximo Permisible (LMP). (A)= Apto y Límite Máximo Permisible (LMP). (NA) = No apto.

Tabla 23

*Evaluación de parámetros físico-químicos y microbiológicos de aguas de la sub cuenca río Azángaro para determinar el IRCA - Sanitario de la zona y sector “captación EPS Nor-Puno S.A.” (M2)*

Muestreo y Evaluaciones (E) Zona captación - sector “captación EPS Nor Puno S.A.” (M2)							
Parámetro	Unidad	E1	E2	E3	E4	Promedio	LMP
<b>Físico-Químico</b>							
T°	°C	15,50	14,70	14,20	14,40	14,70	A
pH	[H <sub>3</sub> O] <sup>+</sup>	7,36	7,30	7,25	7,22	7,28	A
O.D.	mg L <sup>-1</sup>	6,27	6,11	6,30	6,20	6,22	A
C.e.	µs cm <sup>-1</sup>	896,00	1120,00	1100,00	1002,00	1030,00	A
STD.	mg L <sup>-1</sup>	13,00	39,00	28,00	39,00	29,75	A
Salinidad	mg L <sup>-1</sup>	0,43	0,46	0,35	0,36	0,40	A
Turbiedad	NTU	20,00	21,00	20,00	29,00	22,5	NA
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg L <sup>-1</sup>	15,7	9,26	15,5	12,25	13,24	NA
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg L <sup>-1</sup>	0,0801	B<0,0054	B<0,0054	0,0303	0,0309	A
DBO <sub>5</sub>	mg L <sup>-1</sup>	1,00	1,00	2,00	2,00	1,50	A
DQO	mg L <sup>-1</sup>	7,20	3,30	4,60	3,80	4,73	A
As	mg L <sup>-1</sup>	0,0537	0,0100	B<0,0012	0,0297	0,02365	NA
Cu	mg L <sup>-1</sup>	0,0135	B<0,002	B<0,002	B<0,002	0,0048	A
Pb	mg L <sup>-1</sup>	0,0069	B<0,0026	B<0,0026	B<0,0026	0,0036	A
<b>Microbiológico</b>							
Coliforme Total	NMP/100mL	<1,80	33E3	33E3	16x10 <sup>2</sup>	16E3	NA
C.T.T(Fecales)	NMP/100mL	<1,10	24E2	24E2	<1,1	1,2E3	NA

Donde: Límite Máximo Permisible (LMP). (A) = Apto y Límite Máximo Permisible (LMP). (NA) = No apto.

En la tabla 23, se muestran las evaluaciones de los parámetros físico-químicos y microbiológicos de aguas de la sub cuenca río Azángaro, para determinar el IRCA-Sanitario en la zona “Planta de potabilización - Desinfección físico-químico” del agua (M3).

Tabla 24

*Evaluación de parámetros físico-químicos y microbiológicos de aguas sub cuenca río Azángaro para determinar el IRCA - Sanitario en la zona “Planta de potabilización - Desinfección físico-químico” del agua (M3)*

Muestreo y Evaluaciones (E). Zona y sector “Planta de potabilización - Desinfección físico-químico” del agua (M3)							
Parámetro	Unidad	E1	E2	E3	E4	Promedio	LMP
<b>Físico-Químico</b>							
T°	°C	14,50	14,90	14,50	14,70	14,65	A
pH	[H <sub>3</sub> O] <sup>+</sup>	7,02	7,23	6,98	7,01	7,06	A
O.D.	mg L <sup>-1</sup>	6,65	6,41	6,40	6,30	6,44	A
C.e.	µs cm <sup>-1</sup>	885,00	1020,00	910,00	900,00	929,00	A
STD.	mg L <sup>-1</sup>	12,00	30,00	25,00	29,00	24,00	A
Salinidad	mg L <sup>-1</sup>	0,38	0,42	0,38	0,38	0,39	A
Turbiedad	NTU	8,00	4,30	6,02	6,20	6,13	NA
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg L <sup>-1</sup>	39,3	40,3	42,1	40,07	40,44	NA
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg L <sup>-1</sup>	B<0,0054	B<0,0054	B<0,0054	B<0,0054	B<0,0054	A
DBO <sub>5</sub>	mg L <sup>-1</sup>	B<0,5	B<0,5	B<0,5	B<0,5	B<0,5	A
DQO	mg L <sup>-1</sup>	8,70	6,40	6,60	6,70	7,10	A
As	mg L <sup>-1</sup>	0,0157	0,0195	B<0,0012	0,0151	0,013	NA
Cu	mg L <sup>-1</sup>	0,0031	0,0032	B<0,0020	0,0022	0,0026	A
Pb	mg L <sup>-1</sup>	B<0,0026	B<0,0026	B<0,0026	B<0,0026	B<0,0026	A
<b>Microbiológico</b>							
Coliforme Total	NMP/100 mL	<1,10	<1,10	<1,10	<1,10	<1,10	A
C.T.T(Fecales)	NMP/100 mL	<1,10	<1,10	<1,10	<1,10	<1,10	A

Donde: Límite Máximo Permissible (LMP). (A) = Apto y Límite Máximo Permissible (LMP). (NA) = No Apto



#### 4.9. Resultados de la evaluación de los Límites Máximo Permisibles de los parámetros físico-químicos y microbiológicos de aguas de la sub cuenca del río Azángaro

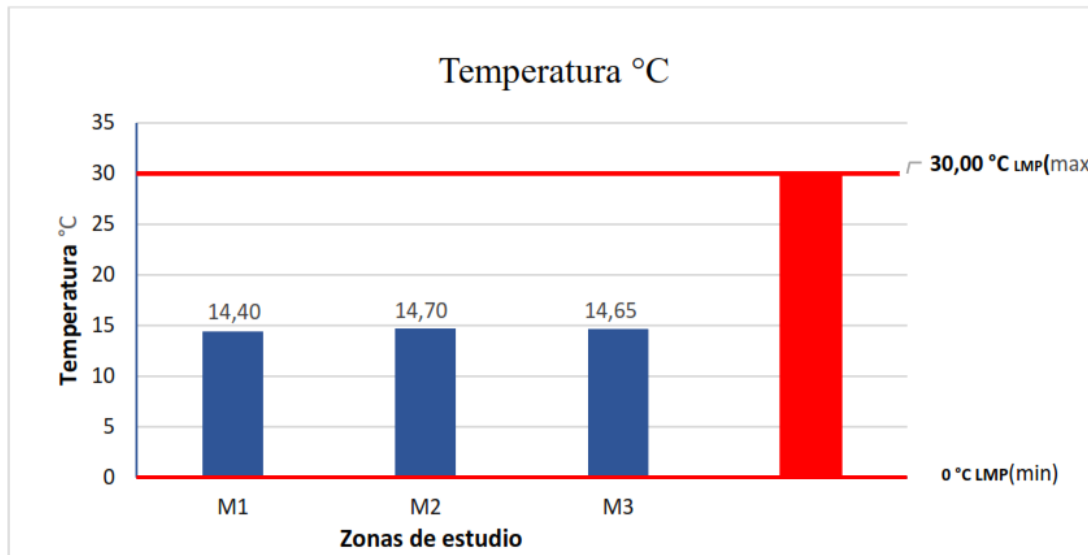


Figura 7. Parámetro físico-químicos, temperatura en °C, en la cuenca del río Azángaro

En la figura 7, se aprecia los resultados de la evaluación de la temperatura °C, en las zonas de estudio de M1, M2 y M3, el parámetro temperatura se encuentra dentro del rango inferior al Límite Máximo Permisibles, por lo tanto, es apto para el consumo humano (D.S.N°004-2017-MINAM, 2017).

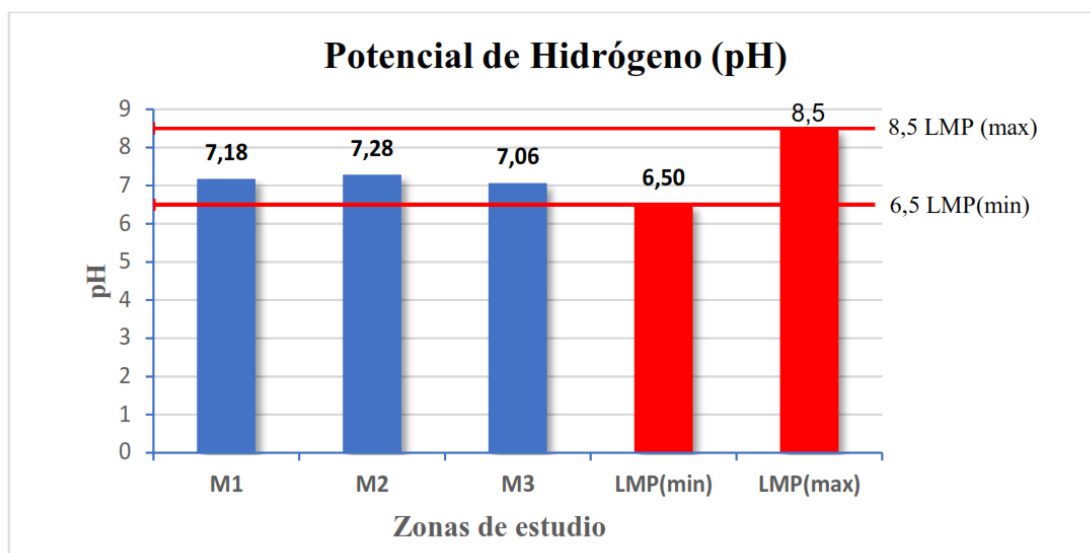


Figura 8. Parámetro físico-químicos de pH en la sub cuenca río Azángaro

En la figura 8, se aprecia que los resultados de la evaluación del parámetro químico, del Potencial de Hidrógeno (pH) en todas las zonas de estudios de M1, M2 y M3, se encuentra dentro de los límites mínimos y máximos permisibles y por lo tanto es apto para el consumo humano (D.S.N°004-2017-MINAM, 2017).

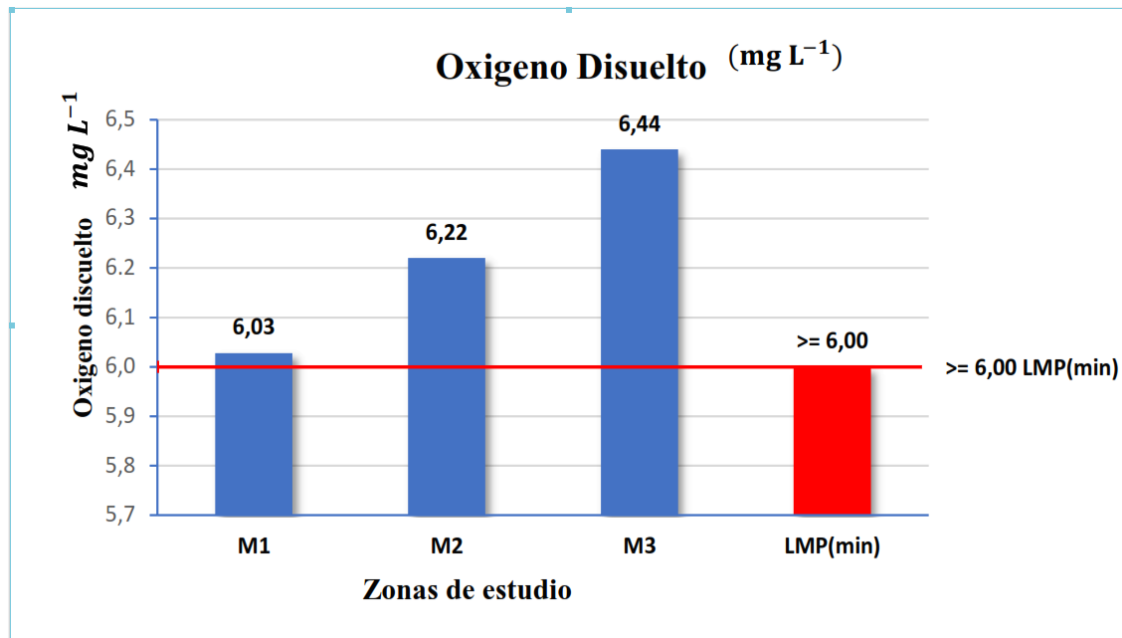


Figura 9. Parámetro físico-químico del Oxígeno Disuelto, mg. L<sup>-1</sup> en la sub cuenca del río Azángaro

En la figura 9, se puede observar que el parámetro de Oxígeno Disuelto (mg. L<sup>-1</sup>), para los distintos puntos de evaluación de M1, M2 y M3, realizados en la cuenca del río Azángaro, para todas las zonas de estudios, el Oxígeno Disuelto, se encuentra por encima del Límite Mínimo Permissible >=6,00 (mg. L<sup>-1</sup>).

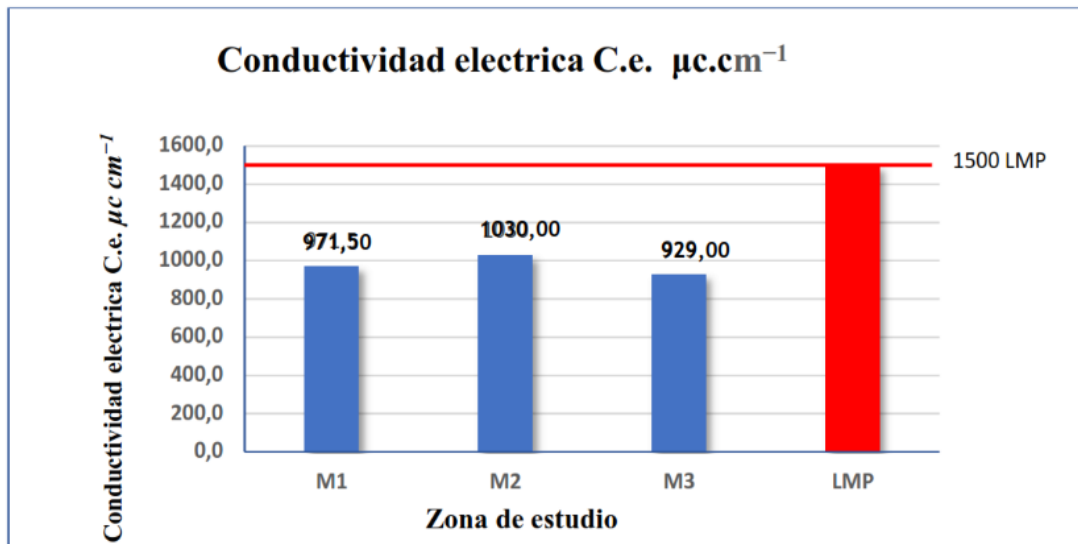


Figura 10. Parámetro físico-químicos conductividad eléctrica C.e.  $\mu\text{c}\cdot\text{cm}^{-1}$  en la sub cuenca del río Azángaro

En la figura 10, se puede observar que la conductividad eléctrica C.e.  $\mu\text{c}\cdot\text{cm}^{-1}$ , en los distintos puntos de evaluación de M1, M2 y M3, realizados en la cuenca del río Azángaro, muestra que en todas las zonas de estudios la Conductividad eléctrica C.e, se encuentra dentro del límite permisible 1500 ( $\mu\text{c}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), por lo tanto, es apto para el consumo humano (D.S.N°004-2017-MINAM, 2017).

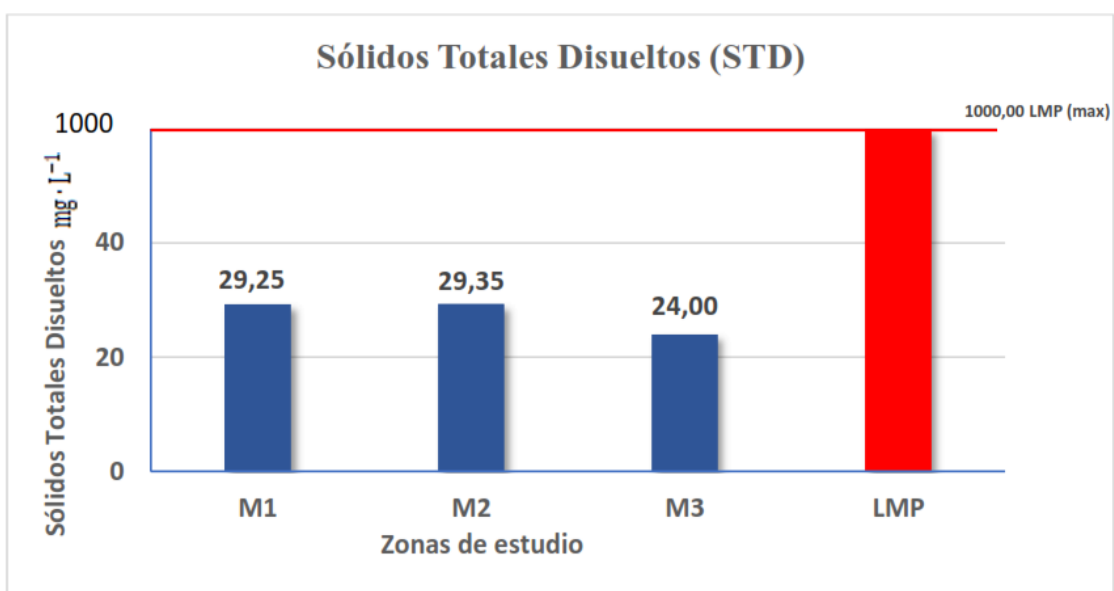


Figura 11. Parámetro físico-químicos, Sólidos Totales Disueltos (STD) en la sub cuenca del río Azángaro

En la figura 11, se puede observar que los Sólidos Totales Disueltos (STD) (mg. L<sup>-1</sup>), en los distintos puntos de evaluación de M1, M2 y M3, realizados en la cuenca del río Azángaro, se encuentran dentro del límite permisible 1000 (mg. L<sup>-1</sup>), calificándose como apto para el consumo humano (D.S.N°004-2017-MINAM, 2017).

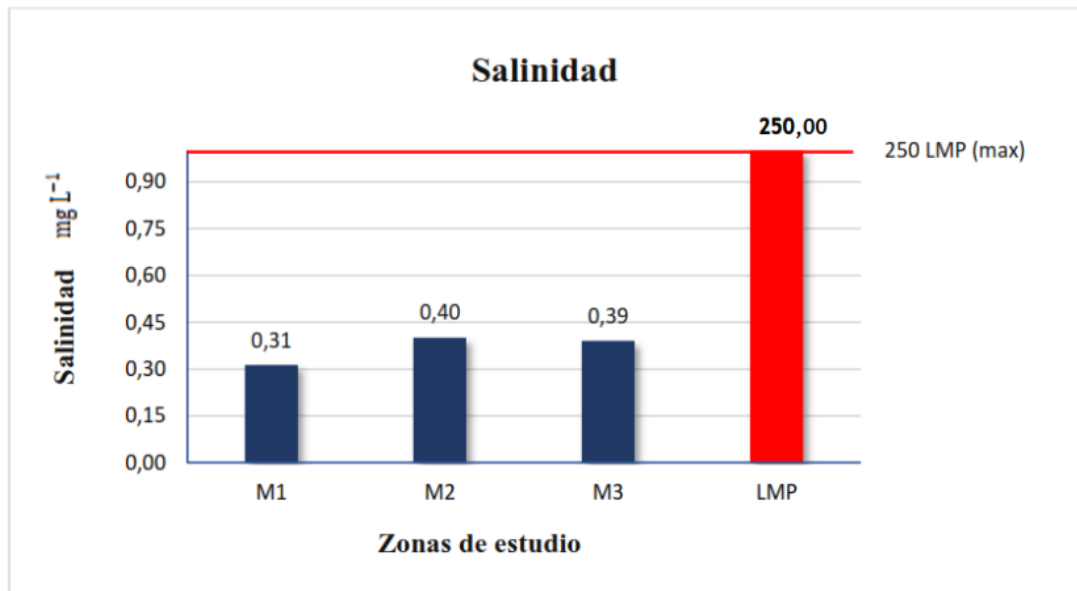


Figura 12. Parámetro físico-químicos, Salinidad en la sub cuenca río Azángaro

En la figura 12, se puede observar que la salinidad (mg. L<sup>-1</sup>) del agua, en los distintos puntos de evaluación de M1, M2 y M3, determinados en la cuenca del río Azángaro, se encuentran a concentraciones inferiores del Límite Máximo Permisible de 250 (mg. L<sup>-1</sup>), calificándose que el agua es apta para el consumo humano.

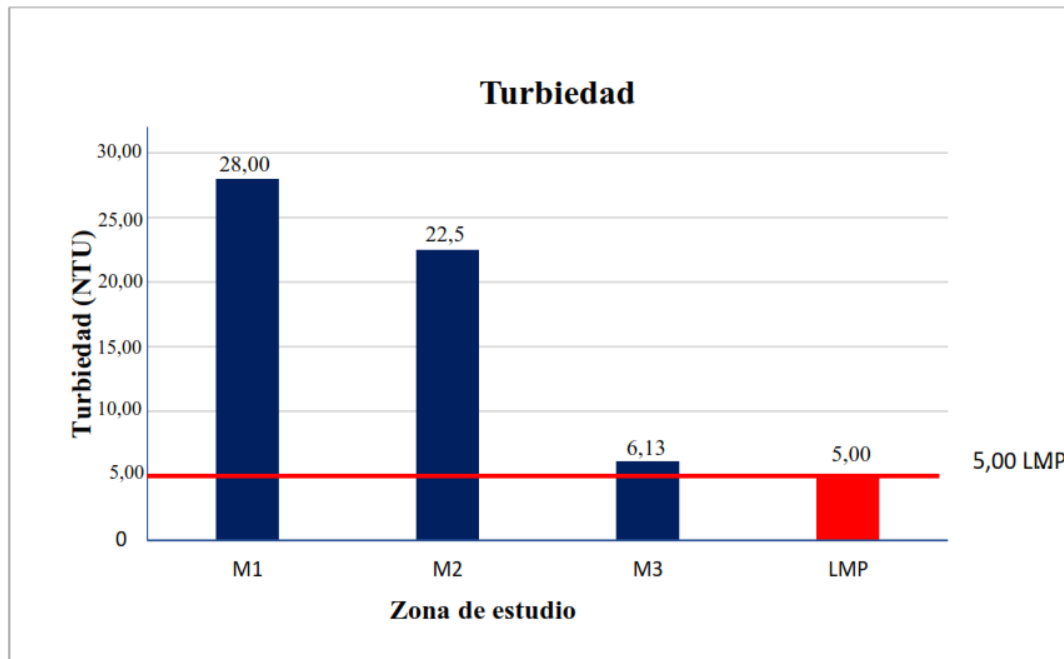


Figura 13. Parámetro físico-químicos, Turbiedad (NTU) en la sub cuenca río Azángaro.

La figura 13, nos muestra la valoración de la turbiedad (NTU), en los distintos puntos de evaluación de M1, M2 y M3, realizados en la cuenca del río Azángaro; observándose que las concentraciones de turbiedad no se encuentran dentro del Límite Máximo Permisible siendo estas superior al LMP de 5 (NTU), por lo tanto, el agua es categorizado como No Apto (NA) para el consumo humano D.S.N°004-2017-MINAM, (2017); su procedencia debe ser investigada de inmediato por las autoridades sanitarias y ambiental competente y por la empresa prestadora que suministra agua para consumo humano. (Martínez *et al.*, 2015).

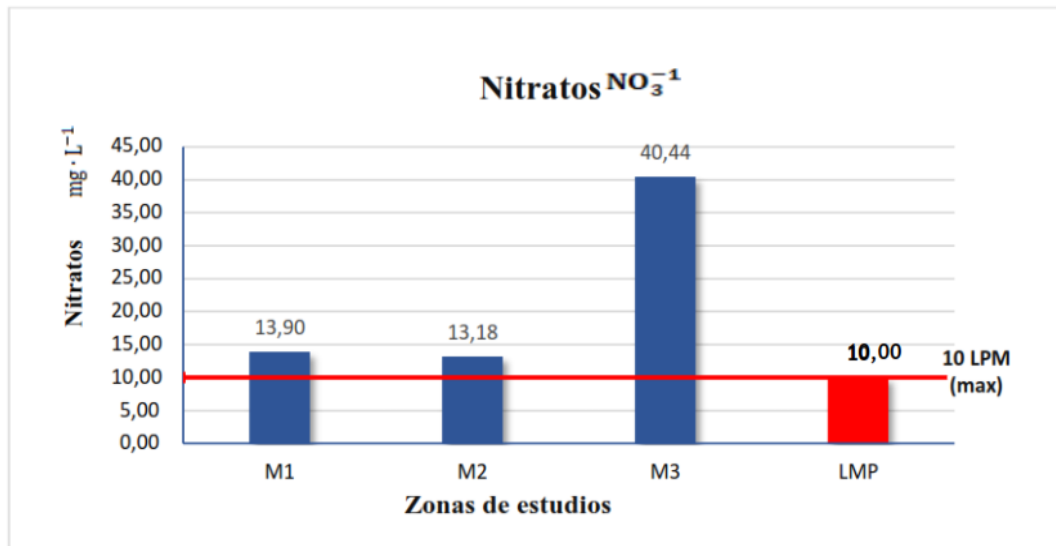


Figura 14. Parámetro físico-químicos, nitratos en la sub cuenca rio Azángaro

La figura 14, muestra la concentración de Nitratos ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) determinados en los distintos puntos de evaluación de M1, M2 y M3, realizados en la cuenca del rio Azángaro; los resultados de la concentración de nitratos, no se encuentran dentro del Límite Máximo Permissible de 10 ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) ya que superan a este valor del LMP, por lo tanto, el agua es No Apto (NA) para el consumo humano.

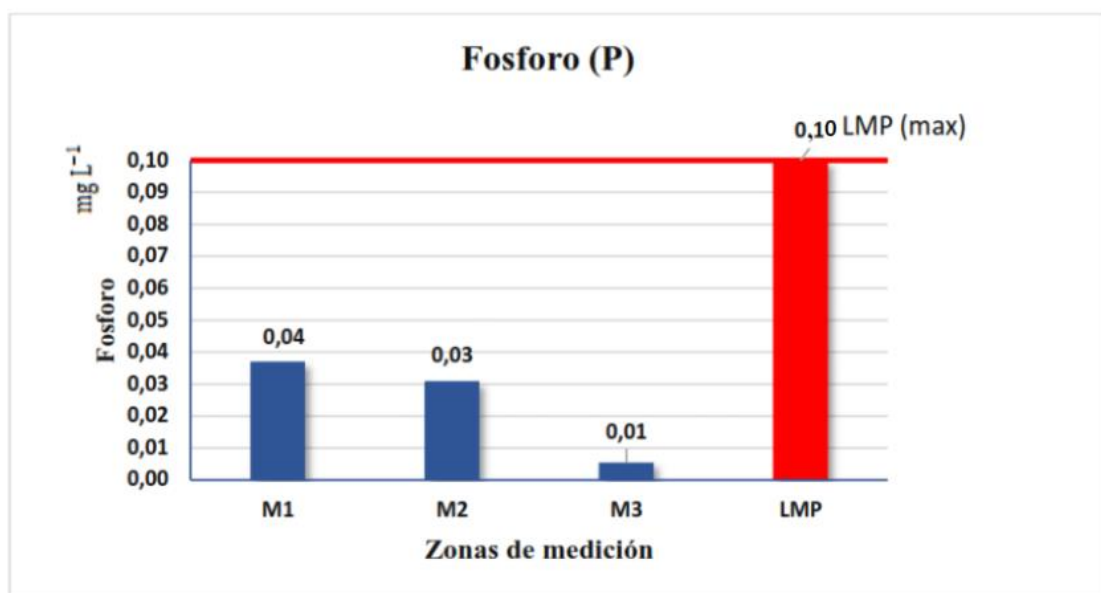


Figura 15. Parámetro de Fosforo (P) en la sub cuenca del rio Azángaro

La figura 15, nos presenta la determinación de Fosforo  $PO_4^{-3}$  ( $mg. L^{-1}$ ), en los distintos puntos de evaluación de M1, M2 y M3, realizados en la cuenca del río Azángaro; las concentraciones de fosforo se encuentran dentro del Límite Máximo Permisible  $0.1(mg. L^{-1})$ , cuya evaluación permite indicar que el agua es Apta (A) para el consumo humano.

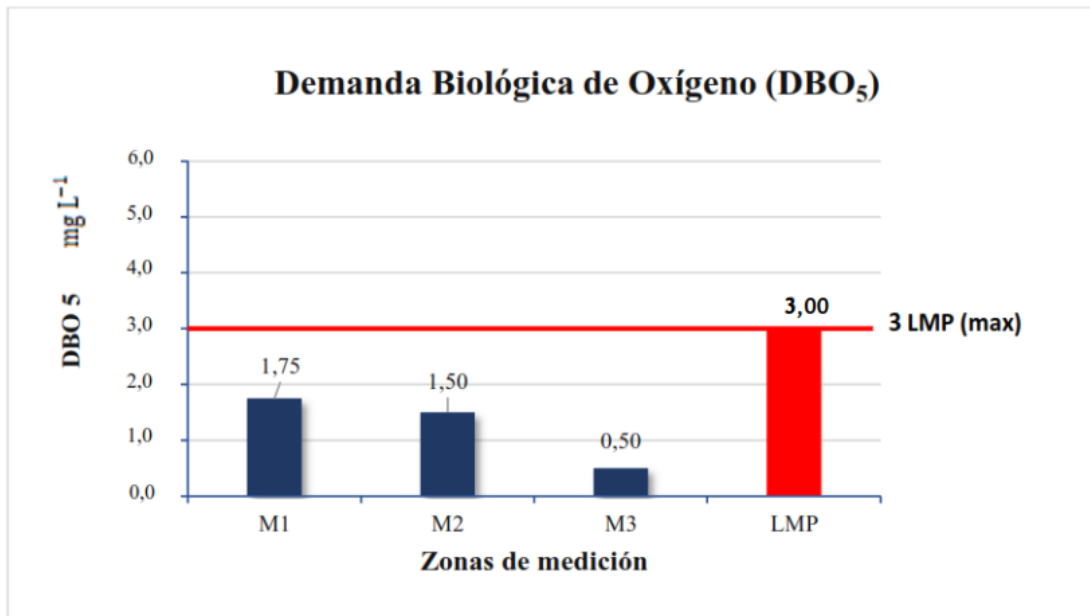


Figura 16. Parámetro físico-químico de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) en la sub cuenca río Azángaro

La figura 16, nos muestra las determinaciones de la Demanda Biológica de Oxígeno  $DBO_5$  ( $mg. L^{-1}$ ), valoradas para los distintos puntos de evaluación de M1, M2 y M3, realizados en la cuenca del río Azángaro; se observa que estas concentraciones determinadas se encuentran dentro del Límite Máximo Permisible o menores a 3 ( $mg. L^{-1}$ ), calificado como aguas Apto (A) para el consumo humano (D.S.N°004-2017-MINAM, 2017).

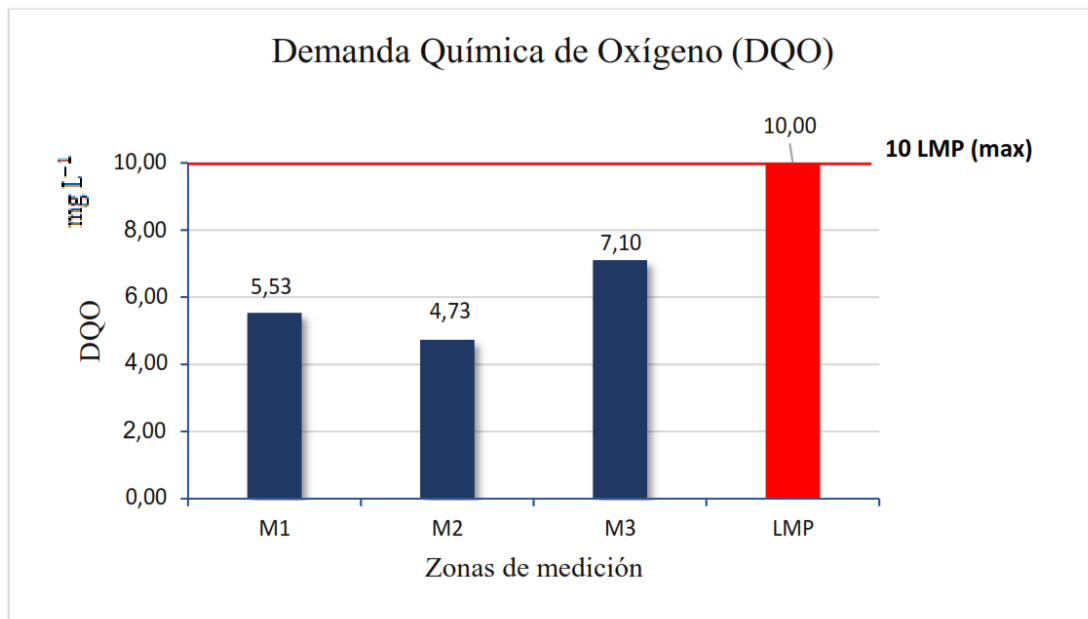


Figura 17. Parámetro de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en la sub cuenca del río Azángaro

En la figura 17, se observa la determinación de la Demanda Química de Oxígeno DQO ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), realizados en la cuenca del río Azángaro, en los distintos puntos de evaluación de M1, M2 y M3; estas concentraciones de la DQO se encuentran dentro del Límite Máximo Permissible o menores a 10 ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), por lo tanto, estas aguas son aptas (A), para el consumo humano.

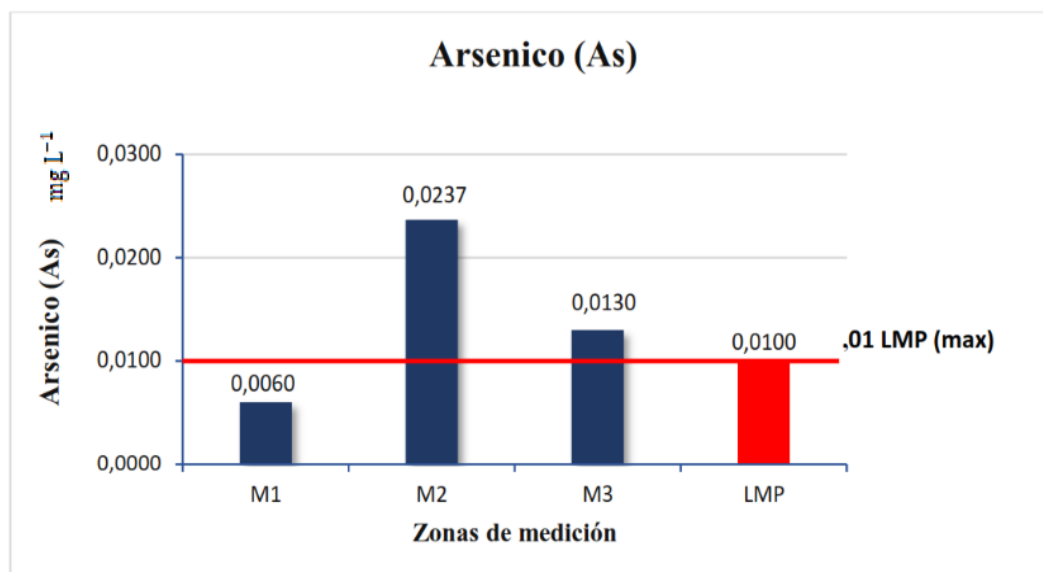


Figura 18. Parámetro de Arsénico (As) en la sub cuenca del río Azángaro



En la figura 18 se reporta las concentraciones de Arsénico As ( $\text{mg. L}^{-1}$ ) determinadas en las aguas de los distintos puntos de evaluación de M1, M2 y M3, realizados en la cuenca del río Azángaro, así mismo se observa que en la zona M1 el agua es Apto (A), debido a que se encuentra dentro del Límite Máximo Permissible  $0,01$  ( $\text{mg. L}^{-1}$ ) para el arsénico y en los demás puntos de evaluación de M2 y M3, la concentración del arsénico sobrepasan el LMP, y por lo tanto, estas aguas son No Aptos (NA) para el consumo humano. Decreto Supremo, D.S.N°004-2017-MINAM (2017); así mismo ninguna muestra de agua para consumo humano debe contener *coliformes termotolerantes* y *E. coli*, independientemente del método de análisis utilizado Directiva Sanitaria N°058-MINSA/DIGESA (2014) (Martínez *et al.*, 2015).

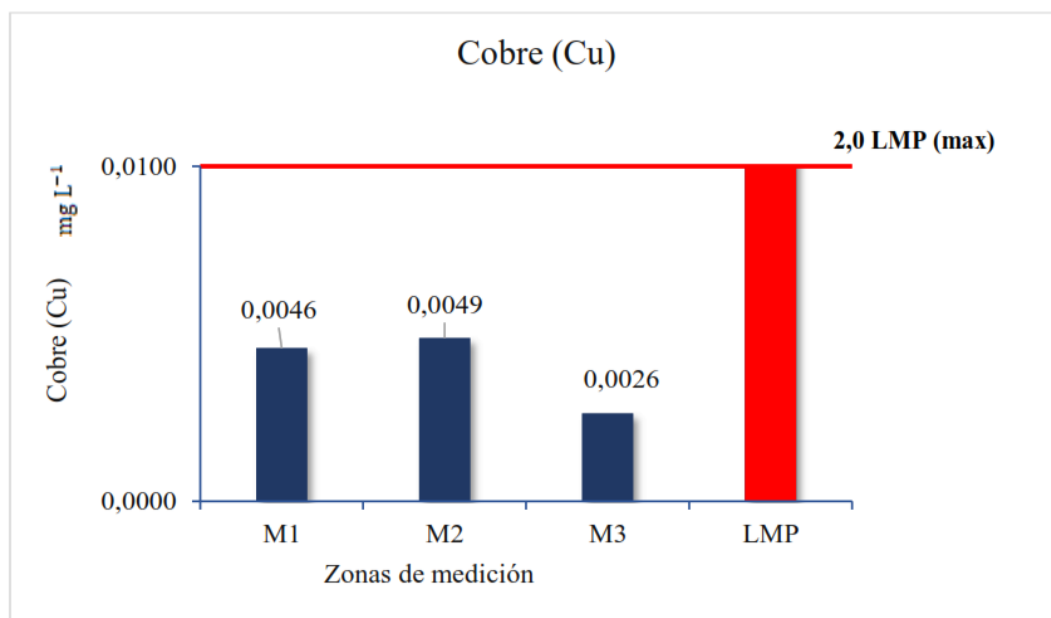


Figura 19. Parámetro físico-químicos del Cobre (Cu) en la sub cuenca río Azángaro

La figura 19, nos muestra la determinación del Cobre Cu ( $\text{mg. L}^{-1}$ ), presente en las aguas de los distintos puntos de evaluación de M1, M2 y M3, realizados en la cuenca del río Azángaro; los resultados de las determinaciones explican que se encuentran dentro del Límite Máximo Permissible de  $2,0$  ( $\text{mg. L}^{-1}$ ) y por tanto estas aguas son Aptas (A) para el consumo humano (D.S.N°004-2017-MINAM, 2017).

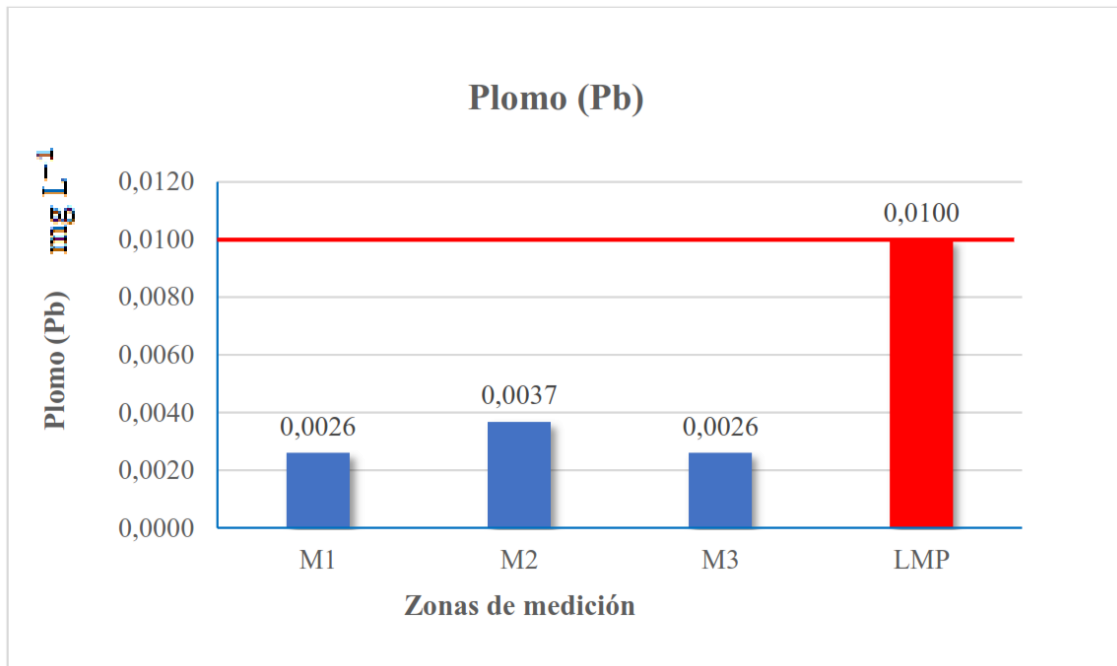


Figura 20. Parámetro físico-químicos del Plomo (Pb) en la sub cuenca rio Azángaro

La figura 20, nos demuestra la determinación de Plomo Pb ( $\text{mg. L}^{-1}$ ), en los distintos puntos de evaluación de M1, M2 y M3, realizados en la cuenca del rio Azángaro; las evaluaciones demuestran que las concentraciones del Plomo Pb, se encuentran dentro del Límite Máximo Permisible o a concentraciones menores al LMP de  $0,01 \text{ (mg. L}^{-1}\text{)}$  y por lo tanto las aguas evaluadas son Aptas (A) para el consumo humano (D.S.N°004-2017-MINAM, 2017).

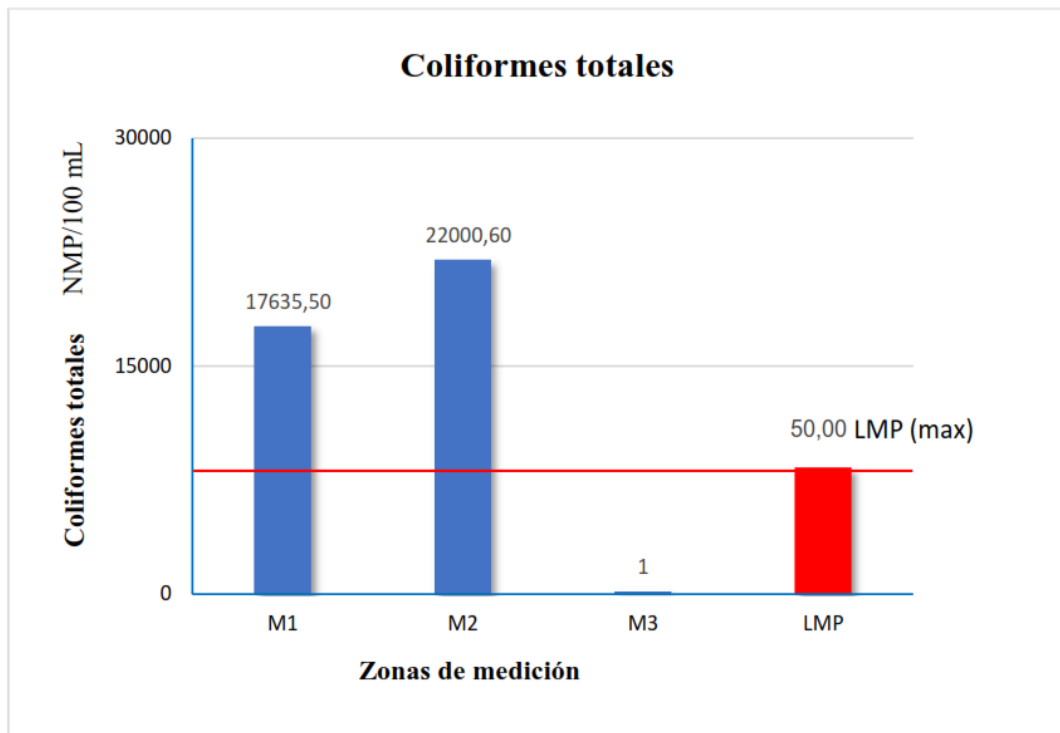


Figura 21. Parámetro microbiológico de Coliformes totales en la sub cuenca del río Azángaro.

En la figura 21, se reporta la concentración de Coliformes totales (NMP/100 mL), determinaciones efectuadas para los distintos puntos de evaluación de M1, M2 y M3, realizados en la cuenca del río Azángaro, las determinaciones en las aguas de las zonas de muestreo de M1 y M2, no se encuentran dentro del Límite Máximo Permisible, cuyas concentraciones superan a los valores del LMP de 50 NMP/100 mL por lo tanto estas aguas son declaradas como No Aptos (NA) para el consumo humano; y respecto a las aguas evaluadas para la zona M3, estas se encuentran dentro del Límite Máximo Permisible 50 NMP/100 mL; por lo tanto es declarado Apto (A) para el consumo humano (D.S.N°004-2017-MINAM, 2017).

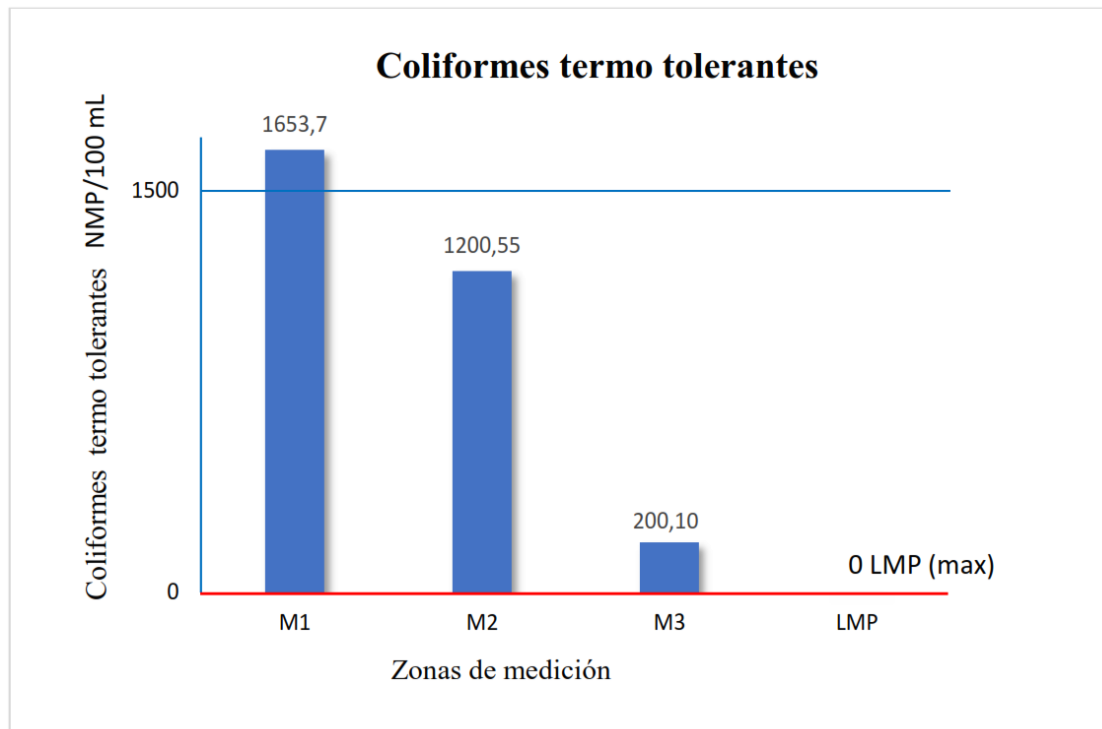


Figura 22. Parámetro microbiológico de coliformes termotolerables en la sub cuenca del río Azángaro

En la figura 22, se reporta la concentración de coliformes termotolerantes (NMP/100 mL), determinaciones microbiológicas efectuadas para las distintas zonas de evaluación de M1, M2 y M3, realizados en la cuenca del río Azángaro; las evaluaciones reportan que en las tres zonas de estudio de las aguas, las concentraciones microbiológicas de Coliformes termotolerantes no se encuentran dentro del Límite Máximo Permissible, superando al valor del LMP de 00 NMP/100 m.L, por lo tanto estas aguas son declaradas como No Aptos (NA) para el consumo humano (D.S.N°004-2017-MINAM, 2017).

#### 4.10. Evaluación de parámetros físico-químicos y microbiológicos de aguas de la sub cuenca río Azángaro, para determinar el IRCA - Sanitario

##### a) Índice del Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA – Sanitario, de aguas para consumo humano de la sub cuenca del río Azángaro de la zona de pre-captación - sector “Juntuma” (M1)

En base a los datos de la tabla 20, en el que se exponen las cuatro evaluaciones de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua para consumo humano de la zona de pre captación del sector “Juntuma” (M1) de la sub cuenca del río

Azángaro; se realizaron las evaluaciones para determinar el IRCA sanitario del agua, para cada evaluación individual, resultados que exponen en las tablas siguientes:

Para la determinación del IRCA – Sanitario, por muestra se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignado a las características no aceptable}}{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignado a todas las características analizadas}} \times 100 \quad (6)$$

En las siguientes tablas se tiene las evaluaciones del IRCA-Sanitario en calidad de evaluaciones individuales para cada fecha de muestreo del agua:

Tabla 25

*Determinación del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA - Sanitario de aguas para consumo humano de la sub cuenca rio Azángaro de la zona pre-captación - sector “Juntuma” (E1M1)*

Evaluación y cálculo del IRCA (E1) zona pre-captación - sector “Juntuma” (M1)					
Parámetro	Unidad	E1M1	Puntaje IRCA	APTO (A)	NO APTO (NA)
<b>Físico-Químico</b>					
T°	°C	15,00	1,00	1,00	
pH	[H <sub>3</sub> O] <sup>+</sup>	6,95	1,50	1,50	
O.D.	mg. L <sup>-1</sup>	5,40	10,00		10,00
C.e.	μc. cm <sup>-1</sup>	866	1,00	1,00	
STD.	mg. L <sup>-1</sup>	18,00	5,00	5,00	
Salinidad	mg. L <sup>-1</sup>	0,41	1,00	1,00	
Turbiedad	NTU	25,00	15,00		15,00
NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	mg. L <sup>-1</sup>	15,7	1,00		1,00
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg. L <sup>-1</sup>	0,1257	1,00		1,00
DBO <sub>5</sub>	mg. L <sup>-1</sup>	1,00	10,00	10,00	
DQO	mg. L <sup>-1</sup>	10,50	10,00		10,00
As	mg. L <sup>-1</sup>	0,0031	1,00	1,00	
Cu	mg. L <sup>-1</sup>	0,0123	1,00	1,00	
Pb	mg. L <sup>-1</sup>	b<0,0026	1,00	1,00	
<b>Microbiológico</b>					
Coliforme Total	NMP/100mL	2	15,00	15,00	
C.T.T(Fecales)	NMP/100mL	<1,8	25,00		25,00
<b>TOTAL: EVALUACIÓN</b>				37,50	62,00
<b>IRCA E1M1</b>				<b>62,31</b>	

Tabla 26

*Determinación del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA - Sanitario de aguas para consumo humano de la sub cuenca rio Azángaro de la zona de pre-captación - sector “Juntuma” (E2M1)*

<b>Evaluación y cálculo del IRCA (E2) zona pre-captación - sector “Juntuma” (M1)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>E2M1</b>	<b>Puntaje IRCA</b>	<b>APTO (A)</b>	<b>NO APTO (NA)</b>
<b>Físico-Químico</b>					
T°	°C	14,20	1,00	1,00	
pH	[H <sub>3</sub> O] <sup>+</sup>	7,20	1,50	1,50	
O.D.	mg. L <sup>-1</sup>	6,01	10,00	10,00	
C.e.	μc. cm <sup>-1</sup>	1020,00	1,00	1,00	
STD.	mg. L <sup>-1</sup>	29,00	5,00	5,00	
Salinidad	mg. L <sup>-1</sup>	0,36	1,00	1,00	
Turbiedad	NTU	23,00	15,00		15,00
NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	mg. L <sup>-1</sup>	10,60	1,00		1,00
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,0103	1,00	1,00	
DBO <sub>5</sub>	mg. L <sup>-1</sup>	2,00	10,00	10,00	
DQO	mg. L <sup>-1</sup>	3,60	10,00	10,00	
As	mg. L <sup>-1</sup>	0,0091	1,00	1,00	
Cu	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,002	1,00	1,00	
Pb	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,0026	1,00	1,00	
<b>Microbiológico</b>					
Coliforme Total	NMP/100mL	3,5E+04	15,00		15,00
C.T.T(Fecales)	NMP/100mL	3300,00	25,00		25,00
<b>TOTAL: EVALUACIÓN</b>				43,50	56,00
<b>IRCA E2M1</b>					<b>56,28</b>

Tabla 27

*Determinación del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA - Sanitario de aguas para consumo humano de la sub cuenca río Azángaro de la zona de pre-captación - sector “Juntuma” (E3M1)*

<b>Evaluación y cálculo del IRCA (E3) zona pre- captación - sector “Juntuma” (M1)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>E3M1</b>	<b>Puntaje IRCA</b>	<b>APTO (A)</b>	<b>NO APTO (NA)</b>
<b>Físico-Químico</b>					
T°	°C	14,40	1,00	1,00	
pH	[H <sub>3</sub> O] <sup>+</sup>	7,30	1,50	1,50	
O.D.	mg. L <sup>-1</sup>	6,40	10,00	10,00	
C.e.	μc. cm <sup>-1</sup>	1020,00	1,00	1,00	
STD.	mg. L <sup>-1</sup>	22,00	5,00	5,00	
Salinidad	mg. L <sup>-1</sup>	0,22	1,00	1,00	
Turbiedad	NTU	25,00	15,00		15,00
NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	mg. L <sup>-1</sup>	14,80	1,00		1,00
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,0054	1,00	1,00	
DBO <sub>5</sub>	mg. L <sup>-1</sup>	2,00	10,00	10,00	
DQO	mg. L <sup>-1</sup>	3,60	10,00	10,00	
As	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,0012	1,00	1,00	
Cu	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,002	1,00	1,00	
Pb	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,0026	1,00	1,00	
<b>Microbiológico</b>					
Coliforme Total	NMP/100mL	3,5E+04	15,00		15,00
C.T.T(Fecales)	NMP/100mL	3300,00	25,00		25,00
<b>TOTAL: EVALUACIÓN</b>				43,50	56,00
<b>IRCA E3M1</b>				<b>56,28</b>	

Tabla 28

*Determinación del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA - Sanitario de aguas para consumo humano de la sub cuenca rio Azángaro de la zona de pre-captación - sector “Juntuma” (E4M1)*

<b>Evaluación y cálculo del IRCA (E4) zona pre- captación - sector “Juntuma” (M1)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>E4M1</b>	<b>Puntaje IRCA</b>	<b>APTO (A)</b>	<b>NO APTO (NA)</b>
<b>Físico-Químico</b>					
T°	°C	14,00	1,00	1,00	
pH	[H <sub>3</sub> O] <sup>+</sup>	7,26	1,50	1,50	
O.D.	mg. L <sup>-1</sup>	6,30	10,00	10,00	
C.e.	μc. cm <sup>-1</sup>	980,00	1,00	1,00	
STD.	mg. L <sup>-1</sup>	48,00	5,00	5,00	
Salinidad	mg. L <sup>-1</sup>	0,26	1,00	1,00	
Turbiedad	NTU	39,00	15,00		15,00
NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	mg. L <sup>-1</sup>	14,49	1,00		1,00
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,0054	1,00	1,00	
DBO <sub>5</sub>	mg. L <sup>-1</sup>	2,00	10,00	10,00	
DQO	mg. L <sup>-1</sup>	4,40	10,00	10,00	
As	mg. L <sup>-1</sup>	0,0130	1,00		1,00
Cu	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,002	1,00	1,00	
Pb	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,0026	1,00	1,00	
<b>Microbiológico</b>					
Coliforme Total	NMP/100mL	540,00	15,00		15,00
C.T.T(Fecales)	NMP/100mL	13,00	25,00		25,00
<b>TOTAL: EVALUACIÓN</b>				42,50	57,00
<b>IRCA E4M1</b>				<b>57,29</b>	

Para determinar el IRCA – sanitario, para la muestra total de M1, de la zona de pre-captación - sector “Juntuma”, se utilizó la siguiente formula:

$$IRCA (\%) = \frac{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignado a las características no aceptable}}{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignado a todas las características analizadas}} \times 100 \quad (7)$$

De las evaluaciones individuales, se tiene el IRCA total de M1:

$$IRCA M1 (\%) = \frac{62+56+56+57}{4 \times 99,5} * 100 = 58,04$$



El resultado de la determinación del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua – IRCA – Sanitario, de las aguas de la zona de pre- captación del sector “Juntuma” (M1); está dentro de la clasificación en nivel de IRCA de “Riesgo Alto”, cuya interpretación se muestra en la tabla 28; resultados que conducen a que se deben cumplir con las notificaciones y las acciones que se recomiendan y así mismo tomar las medidas para esta clasificación según notificación a la empresa prestadora de servicios, al Alcalde, Gobernador, Ministerio de Ambiente, Contraloría y Procuraduría Nacional. Directiva Sanitaria N°058-MINSA/DIGESA, (2014). Posterior a este tratamiento se deben establecer correcciones técnicas necesarias de los parámetros físico químicos y microbiológicos para que cumplan con los valores de los Límites Máximo Permisibles establecidos en las normas nacionales (Ministerio de Salud Perú, 2018).

Tabla 29

*Clasificación del nivel de Índice de Riesgo de la Calidad de Agua IRCA–Sanitario para consumo humano de la zona de pre-captación - sector “Juntuma” (M1)*

<b>Clasificación IRCA (%)</b>	<b>Nivel de Riesgo IRCA</b>	<b>IRCA - Muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)</b>	<b>IRCA Total (Acciones)</b>
<b>35,1 - 80</b>	<b>Alto</b>	Informar a la empresa prestadora de servicios. Alcalde. Gobernador local.	Agua no apta para consumo humano, realizar gestión directa de acuerdo a su competencia de la empresa prestadora de servicios, del alcalde y gobernador respectivamente.

**b) Índice de Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA – Sanitario, del sector de “captación EPS Nor-Puno S.A.” (M2)**

Teniendo los datos de la tabla 21, en el que se exponen las cuatro evaluaciones individualizadas de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua para consumo humano de la sub cuenca del río Azángaro de la zona y sector de “captación EPS Nor-Puno S.A.” (M2), y en base a estas evaluaciones se determinaron el IRCA – Sanitario individual, cuyos resultados se exponen en las tablas siguientes:

En las siguientes tablas se tiene las evaluaciones del IRCA-Sanitario en calidad de evaluaciones individuales para cada fecha de muestreo del agua.

Tabla 30

*Determinación del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA - Sanitario de aguas para consumo humano de la sub cuenca rio Azángaro de la zona – sector “captación EPS Nor-Puno S.A.” (E1M2)*

<b>Evaluación y cálculo del IRCA (E1) zona – sector “captación EPS Nor-Puno S.A.” (M2)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>E1M2</b>	<b>Puntaje IRCA</b>	<b>APTO (A)</b>	<b>NO APTO (NA)</b>
<b>Físico-Químico</b>					
T°	°C	15,50	1,00	1,00	
pH	[H <sub>3</sub> O] <sup>+</sup>	7,36	1,50	1,50	
O.D.	mg. L <sup>-1</sup>	6,27	10,00	10,00	
C.e.	μc. cm <sup>-1</sup>	896,00	1,00	1,00	
STD.	mg. L <sup>-1</sup>	13,00	5,00	5,00	
Salinidad	mg. L <sup>-1</sup>	0,43	1,00	1,00	
Turbiedad	NTU	20,00	15,00		15,00
NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	mg. L <sup>-1</sup>	15,7	1,00		1,00
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg. L <sup>-1</sup>	0,0801	1,00	1,00	
DBO <sub>5</sub>	mg. L <sup>-1</sup>	1,00	10,00	10,00	
DQO	mg. L <sup>-1</sup>	7,20	10,00	10,00	
As	mg. L <sup>-1</sup>	0,0537	1,00		1,00
Cu	mg. L <sup>-1</sup>	0,0135	1,00	1,00	
Pb	mg. L <sup>-1</sup>	0,0069	1,00	1,00	
<b>Microbiológico</b>					
Coliforme Total	NMP/100mL	<1,8	15,00	15,00	
C.T.T(Fecales)	NMP/100mL	<1,1	25,00		25,00
TOTAL: EVALUACIÓN				57,50	42,00
IRCA E1M2				<b>42,21</b>	

Tabla 31

*Determinación del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA - Sanitario de aguas para consumo humano de la sub cuenca rio Azángaro de la zona – sector “captación EPS Nor-Puno S.A.” (E2M2)*

<b>Evaluación y cálculo del IRCA (E2) zona – sector “captación EPS Nor-Puno S.A.” (M2)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>E2M2</b>	<b>Puntaje IRCA</b>	<b>APTO (A)</b>	<b>NO APTO (NA)</b>
<b>Físico-Químico</b>					
T°	°C	14,70	1,00	1,00	
pH	[H <sub>3</sub> O] <sup>+</sup>	7,30	1,50	1,50	
O.D.	mg. L <sup>-1</sup>	6,11	10,00	10,00	
C.e.	μc. cm <sup>-1</sup>	1120,00	1,00	1,00	
STD.	mg. L <sup>-1</sup>	39,00	5,00	5,00	
Salinidad	mg. L <sup>-1</sup>	0,46	1,00	1,00	
Turbiedad	NTU	21,00	15,00		15,00
NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	mg. L <sup>-1</sup>	9,26	1,00	1,00	
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,0054	1,00	1,00	
DBO <sub>5</sub>	mg. L <sup>-1</sup>	1,00	10,00	10,00	
DQO	mg. L <sup>-1</sup>	3,30	10,00	10,00	
As	mg. L <sup>-1</sup>	0,0100	1,00	1,00	
Cu	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,002	1,00	1,00	
Pb	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,0026	1,00	1,00	
<b>Microbiológico</b>					
Coliforme Total	NMP/100mL	33000,00	15,00		15,00
C.T.T(Fecales)	NMP/100mL	2400,00	25,00		25,00
<b>TOTAL: EVALUACIÓN</b>				<b>44,50</b>	<b>55,00</b>
<b>IRCA E2M2</b>				<b>55,28</b>	

Tabla 32

*Determinación del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA - Sanitario de aguas para consumo humano de la sub cuenca rio Azángaro de la zona – sector “captación EPS Nor-Puno S.A.” (E3M2)*

<b>Evaluación y cálculo del IRCA (E3) zona – sector “captación EPS Nor-Puno S.A.” (M2)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>E3M2</b>	<b>Puntaje IRCA</b>	<b>APTO (A)</b>	<b>NO APTO (NA)</b>
<b>Físico-Químico</b>					
T°	°C	14,20	1,00	1,00	
pH	[H <sub>3</sub> O] <sup>+</sup>	7,25	1,50	1,50	
O.D.	mg. L <sup>-1</sup>	6,30	10,00	10,00	
C.e.	μc. cm <sup>-1</sup>	1100,00	1,00	1,00	
STD.	mg. L <sup>-1</sup>	28,00	5,00	5,00	
Salinidad	mg. L <sup>-1</sup>	0,35	1,00	1,00	
Turbiedad	NTU	20,00	15,00		15,00
NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	mg. L <sup>-1</sup>	15,5	1,00		1,00
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,0054	1,00	1,00	
DBO <sub>5</sub>	mg. L <sup>-1</sup>	2,00	10,00	10,00	
DQO	mg. L <sup>-1</sup>	4,60	10,00	10,00	
As	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,0012	1,00	1,00	
Cu	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,002	1,00	1,00	
Pb	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,0026	1,00	1,00	
<b>Microbiológico</b>					
Coliforme Total	NMP/100mL	33000,00	15,00		15,00
C.T.T(Fecales)	NMP/100mL	2400,00	25,00		25,00
<b>TOTAL: EVALUACIÓN</b>				<b>43,50</b>	<b>56,00</b>
<b>IRCA E3M2</b>				<b>56,28</b>	

Tabla 33

*Determinación del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA - Sanitario de aguas para consumo humano de la sub cuenca río Azángaro de la zona – sector “Captación EPS Nor-Puno S.A.” (E4M2)*

<b>Evaluación y cálculo del IRCA (E4) zona – sector “captación EPS Nor-Puno S.A.” (M2)</b>					
Parámetro	Unidad	E4M2	Puntaje IRCA	APTO (A)	NO APTO (NA)
<b>Físico-Químico</b>					
T°	°C	14,40	1,00	1,00	
pH	[H <sub>3</sub> O] <sup>+</sup>	7,22	1,50	1,50	
O.D.	mg. L <sup>-1</sup>	6,20	10,00	10,00	
C.e.	μc. cm <sup>-1</sup>	1002,00	1,00	1,00	
STD.	mg. L <sup>-1</sup>	39,00	5,00	5,00	
Salinidad	mg. L <sup>-1</sup>	0,36	1,00	1,00	
Turbiedad	NTU	29,00	15,00		15,00
NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	mg. L <sup>-1</sup>	12,25	1,00		1,00
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg. L <sup>-1</sup>	0,0303	1,00	1,00	
DBO <sub>5</sub>	mg. L <sup>-1</sup>	2,00	10,00	10,00	
DQO	mg. L <sup>-1</sup>	3,80	10,00	10,00	
As	mg. L <sup>-1</sup>	0,0297	1,00		1,00
Cu	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,002	1,00	1,00	
Pb	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,0026	1,00	1,00	
<b>Microbiológico</b>					
Coliforme Total	NMP/100mL	16x10 <sup>2</sup>	15,00		15,00
C.T.T(Fecales)	NMP/100mL	<1,1	25,00		25,00
TOTAL: EVALUACIÓN				42,50	57,00
IRCA E4M2				<b>57,29</b>	

Para determinar el IRCA-sanitario, por muestra total de M2, de la zona – sector “captación EPS Nor-Puno S.A.”, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignado a las características no aceptable}}{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignado a todas las características analizadas}} \times 100 \quad (8)$$

De las evaluaciones individuales, se tiene el IRCA total de M2:

$$\text{IRCA M2 (\%)} = \frac{42+55+56+57}{4 \times 99,5} * 100 = 52,76$$

Los resultados de la evaluación del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua – IRCA – Sanitario, de aguas de la zona y del sector de “captación EPS Nor-Puno S.A.” (M2); muestran que estas aguas son clasificados con el nivel, “de IRCA de Alto Riesgo”,

en base a estos resultados fueron interpretados la clasificación del nivel del Índice de Riesgo de la Calidad del agua IRCA, tal como se expone en la tabla 33, para lo cual se deben cumplir con las notificaciones y acciones que se recomiendan; y así mismo tomar las medidas para esta clasificación según notificación a la empresa prestadora de servicios, al Alcalde, Gobernador, Ministerio de Ambiente, Contraloría y Procuraduría Nacional. Directiva Sanitaria N°058-MINSA/DIGESA (2014). Posterior a este tratamiento se deben establecer correcciones técnicas necesarias de los parámetros físico químicos y microbiológicos para que cumplan con los valores de los Límites Máximo Permisibles establecidos en las normas nacionales (Ministerio de Salud Perú, 2018).

Tabla 34

*Clasificación del nivel del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua IRCA - suministrada para consumo humano zona captación EPS Nor-Puno S.A." (M2)*

<b>Clasificación IRCA (%)</b>	<b>Nivel de Riesgo IRCA</b>	<b>IRCA - Muestra (Notificaciones que adelantara la autoridad sanitaria de manera inmediata)</b>	<b>IRCA Total (Acciones)</b>
<b>35,1 - 80</b>	<b>Alto</b>	Informar a la Empresa prestadora de servicios. Alcalde. Gobernador local.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la Empresa prestadora de servicios y del alcalde y gobernador respectivo.

**c) Índice del Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA – Sanitario, de aguas para consumo humano de la zona y del sector de la planta de potabilización - desinfección físico-químico del agua (M3)**

Teniendo los datos de la tabla 22, en el que se exponen las cuatro evaluaciones individualizadas de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua para consumo humano de la sub cuenca del río Azángaro de la zona y sector de la planta de potabilización - Desinfección físico-químico del agua (M3), se determinan el IRCA - Sanitario del agua, para cada evaluación individual, cuyos resultados se exponen en las tablas siguientes:

En las siguientes tablas se tiene las evaluaciones del IRCA-Sanitario en calidad de evaluaciones individuales para cada fecha de muestreo del agua.

Tabla 35

*Determinación del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua IRCA - Sanitario de aguas para consumo humano de la sub cuenca rio Azángaro de la zona “Planta de potabilización - Desinfección físico-químico” del agua (E1M3)*

Evaluación y cálculo del IRCA (E1) zona “Planta de potabilización - desinfección físico-químico” del agua (M3)					
Parámetro	Unidad	E1M3	Puntaje IRCA	APTO (A)	NO APTO (NA)
<b>Físico-Químico</b>					
T°	°C	14,50	1,00	1,00	
pH	[H <sub>3</sub> O] <sup>+</sup>	7,02	1,50	1,50	
O.D.	mg. L <sup>-1</sup>	6,65	10,00	10,00	
C.e.	μc. cm <sup>-1</sup>	885,00	1,00	1,00	
STD.	mg. L <sup>-1</sup>	12,00	5,00	5,00	
Salinidad	mg. L <sup>-1</sup>	0,38	1,00	1,00	
Turbiedad	NTU	8,00	15,00		15,00
NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	mg. L <sup>-1</sup>	39,3	1,00		1,00
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg. L <sup>-1</sup>	b<0,0054	1,00	1,00	
DBO <sub>5</sub>	mg. L <sup>-1</sup>	b<0,50	10,00	10,00	
DQO	mg. L <sup>-1</sup>	8,70	10,00	10,00	
As	mg. L <sup>-1</sup>	0,0157	1,00		1,00
Cu	mg. L <sup>-1</sup>		1,00	1,00	
Pb	mg. L <sup>-1</sup>	b<0,0026	1,00	1,00	
<b>Microbiológico</b>					
Coliforme Total	NMP/100mL	<1,1	15,00	15,00	
C.T.T(Fecales)	NMP/100mL	<1,1	25,00		25,00
TOTAL: EVALUACIÓN				5,50	42,00
IRCA E1M3				42,21	

Tabla 36

*Determinación del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA - Sanitario de aguas para consumo humano de la sub cuenca rio Azángaro de la zona “Planta de potabilización - Desinfección físico-químico” del agua (E2M3)*

<b>Evaluación y cálculo del IRCA (E2) zona “Planta de potabilización - desinfección físico-químico” del agua (M3)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>E2M3</b>	<b>Puntaje IRCA</b>	<b>APTO (A)</b>	<b>NO APTO (NA)</b>
<b>Físico-Químico</b>					
T°	°C	14,90	1,00	1,00	
pH	[H <sub>3</sub> O] <sup>+</sup>	7,23	1,50	1,50	
O.D.	mg. L <sup>-1</sup>	6,41	10,00	10,00	
C.e.	μc. cm <sup>-1</sup>	1020,00	1,00	1,00	
STD.	mg. L <sup>-1</sup>	30,00	5,00	5,00	
Salinidad	mg. L <sup>-1</sup>	0,42	1,00	1,00	
Turbiedad	NTU	4,30	15,00	15,00	
NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	mg. L <sup>-1</sup>	40,30	1,00		1,00
<b>PO<sub>4</sub><sup>-3</sup></b>	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,0054	1,00	1,00	
DBO <sub>5</sub>	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,50	10,00	10,00	
DQO	mg. L <sup>-1</sup>	6,40	10,00	10,00	
As	mg. L <sup>-1</sup>	0,0195	1,00		1,00
Cu	mg. L <sup>-1</sup>	0,0032	1,00	1,00	
Pb	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,0026	1,00	1,00	
<b>Microbiológico</b>					
Coliforme Total	NMP/100mL	<1,10	15,00	15,00	
C.T.T(Fecales)	NMP/100mL	<1,10	25,00		25,00
<b>TOTAL: EVALUACIÓN</b>				72,50	27,00
<b>IRCA E2M3</b>				<b>27,14</b>	



Tabla 37

*Determinación del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA - Sanitario de aguas para consumo humano de la sub cuenca rio Azángaro de la zona “Planta de potabilización - desinfección físico-químico” del agua (E3M3)*

<b>Evaluación y cálculo del IRCA (E3) zona “Planta de potabilización - desinfección físico-químico” del agua (M3)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>E3M3</b>	<b>Puntaje IRCA</b>	<b>APTO (A)</b>	<b>NO APTO (NA)</b>
<b>Físico-Químico</b>					
T°	°C	14,50	1,00	1,00	
pH	[H <sub>3</sub> O] <sup>+</sup>	6,98	1,50	1,50	
O.D.	mg. L <sup>-1</sup>	6,40	10,00	10,00	
C.e.	μc. cm <sup>-1</sup>	910,00	1,00	1,00	
STD.	mg. L <sup>-1</sup>	25,00	5,00	5,00	
Salinidad	mg. L <sup>-1</sup>	0,38	1,00	1,00	
Turbiedad	NTU	5,00	15,00	15,00	
NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	mg. L <sup>-1</sup>	42,10	1,00		1,00
<b>PO<sub>4</sub><sup>-3</sup></b>	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,0054	1,00	1,00	
DBO <sub>5</sub>	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,50	10,00	10,00	
DQO	mg. L <sup>-1</sup>	6,60	10,00	10,00	
As	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,0012	1,00	1,00	
Cu	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,0020	1,00	1,00	
Pb	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,0026	1,00	1,00	
<b>Microbiológico</b>					
Coliforme Total	NMP/100mL	<1,1	15,00	15,00	
C.T.T(Fecales)	NMP/100mL	<1,1	25,00		25,00
<b>TOTAL: EVALUACIÓN</b>				<b>73,50</b>	<b>26,00</b>
<b>IRCA E3M3</b>				<b>26,13</b>	

Tabla 38

*Determinación del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA - Sanitario de aguas para consumo humano de la sub cuenca río Azángaro de la zona “Planta de potabilización - desinfección físico-químico” del agua (E4M3)*

<b>Evaluación y cálculo del IRCA (E4) zona “Planta de potabilización - desinfección físico-químico” del agua (M3)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>E4M3</b>	<b>Puntaje IRCA</b>	<b>APTO (A)</b>	<b>NO APTO (NA)</b>
<b>Físico-Químico</b>					
T°	°C	14,70	1,00	1,00	
pH	[H <sub>3</sub> O] <sup>+</sup>	7,01	1,50	1,50	
O.D.	mg. L <sup>-1</sup>	6,30	10,00	10,00	
C.e.	μc. cm <sup>-1</sup>	900,00	1,00	1,00	
STD.	mg. L <sup>-1</sup>	29,00	5,00	5,00	
Salinidad	mg. L <sup>-1</sup>	0,38	1,00	1,00	
Turbiedad	NTU	6,20	15,00		15,00
NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	mg. L <sup>-1</sup>	40,07	1,00		1,00
<b>PO<sub>4</sub><sup>-3</sup></b>	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,0054	1,00	1,00	
DBO <sub>5</sub>	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,50	10,00	10,00	
DQO	mg. L <sup>-1</sup>	6,70	10,00	10,00	
As	mg. L <sup>-1</sup>	0,0151	1,00		1,00
Cu	mg. L <sup>-1</sup>	0,0022	1,00	1,00	
Pb	mg. L <sup>-1</sup>	B<0,0026	1,00	1,00	
<b>Microbiológico</b>					
Coliforme Total	NMP/100mL	<1,1	15,00	15,00	
C.T.T(Fecales)	NMP/100mL	<1,1	25,00		25,00
TOTAL: EVALUACIÓN				57,50	42,00
IRCA E4M3				<b>42,21</b>	

Para determinar el IRCA por muestra total, de la zona de la “Planta de potabilización - desinfección físico-químico” del agua, de M3, se utiliza la siguiente formula:

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignado a las características no aceptable}}{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignado a todas las características analizadas}} \times 100$$

De las evaluaciones individuales, se tiene el IRCA total de M3:

$$\text{IRCA M3 (\%)} = \frac{42+27+26+42}{4 \times 99,5} * 100 = 34,42$$

El resultado de la determinación del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA – Sanitario, de aguas de la zona y sector de la “Planta de potabilización - Desinfección físico-químico” del agua (M3); estas aguas son clasificados con el “Nivel de IRCA de riesgo Medio”, cuya interpretación se basa a la clasificación de la tabla 40, para los cuales se deben dar cumplimiento con las notificaciones y las acciones que se recomiendan y así mismo tomar las medidas para esta clasificación según notificación a la Empresa prestadora de servicios, al Alcalde y Gobernador. (Directiva Sanitaria N°058-MINSA/DIGESA, 2014). Posterior a este tratamiento se deben establecer correcciones técnicas necesarias de los parámetros físico químicos y microbiológicos para que cumplan con los valores de los Límites Máximo Permisibles establecidos en las normas nacionales (Ministerio de Salud Perú, 2018).

Tabla 39

*Clasificación del nivel del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua IRCA - suministrada para consumo humano de la zona de la “Planta de potabilización - desinfección físico-químico” del agua (M3)*

<b>Clasificación IRCA (%)</b>	<b>Nivel de Riesgo IRCA</b>	<b>IRCA - Muestra (Notificaciones que adelantara la autoridad sanitaria de manera inmediata)</b>	<b>IRCA Total (Acciones)</b>
<b>14,1 - 35</b>	<b>Medio</b>	Informar a la empresa prestadora de servicios. Alcalde y Gobernador local.	Agua no apta para consumo humano, se debe realizar la gestión directa por la Empresa prestadora de servicios.

#### 4.11. Discusión de los resultados

##### 4.11.1. Índice de Riesgo de la Calidad de Agua IRCA – Sanitario, para consumo humano en las tres zonas de estudios de la sub cuenca del río Azángaro

En la tabla 39, se muestra el resumen de los resultados de estudio de los Índices de Riesgo de la Calidad del Agua IRCA – Sanitario, para consumo humano, de las tres zonas; las zonas de estudio (M1) zona de pre captación y la zona de captación (M2) muestran niveles de índices de IRCA de Riesgo Alto; y

la zona de la “Planta de potabilización - Desinfección físico-químico” del agua (M3), muestra el nivel de Índice de IRCA de riesgo medio.

Tabla 40

*El Índice de Riesgo de la Calidad de Agua IRCA – Sanitario para consumo humano en las tres zonas de estudios de la sub cuenca del río Azángaro*

Zonas de Estudio	Índice de Riesgo de la Calidad de agua IRCA				IRCA %
	E1	E2	E3	E4	
M1	62,31	56,28	56,28	57,29	58,04
M2	42,21	55,28	56,28	57,29	52,76
M3	42,21	27,14	26,13	42,21	34,42

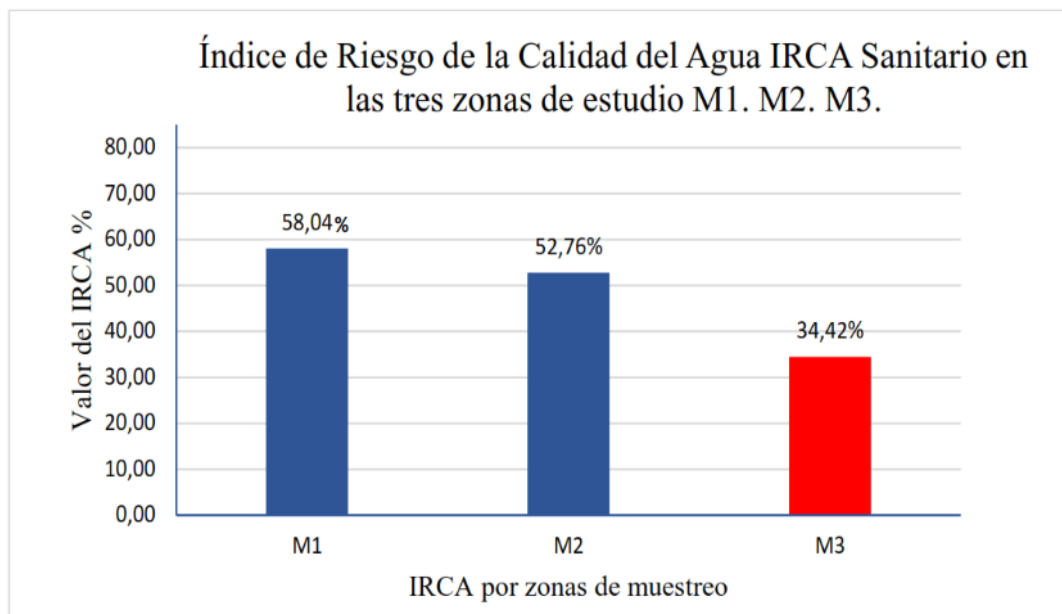


Figura 23. Índice de Riesgo de la Calidad de Agua IRCA- Sanitario en las tres zonas de estudio

La figura 23, muestra el % del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua IRCA – Sanitario, de aguas para consumo humano, de las tres zonas de estudio; zona de pre- captación Juntuma (M1), zona de captación EPS Nor-Puno S.A. (M2) y de la zona de la planta de potabilización (M3). La Resolución Ministerial N° 165-2007-Vivienda (2007) y el Ministerio de la Protección Social. MAVDT-Colombia (2007); basados en la escala de valoración de los niveles del IRCA, se tiene que los resultados de estudio obtenidos en la zona de pre- captación (M1) y

en la zona de captación (M2) muestran niveles del IRCA entre los valores de 35,1 a 80 %, que son calificados de nivel de Riesgo ALTO y el estudio de la zona de la planta de potabilización (M3) muestra resultados de clasificación del IRCA entre los valores de 14,1 a 35 %, el que es calificado de nivel de Riesgo MEDIO. Reportes de la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en Colombia (2008-2014); encontraron un promedio del IRCA urbano nacional de 13,4 %, clasificándose en un nivel de riesgo bajo, agua apta para consumo humano; así mismo recomiendan, que en posteriores estudios se debe incluir análisis de sustancias de metales pesados, plaguicidas, Giardia y Cryptosporidium, para poder determinar la real condición de la calidad del agua (Instituto Nacional de Salud Colombia, 2019).

#### **4.11.2. Análisis estadístico de diferencia de medias del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua para consumo humano (IRCA) obtenidos, en las tres zonas de estudios, de la sub cuenca del río Azángaro**

Se realiza la determinación estadística para demostrar si existe o no existe diferencia entre los valores de las medias del IRCA – Sanitario, entre las tres zonas de estudio, los que son explicados mediante las estadísticas de:

##### **Planteamiento de hipótesis estadísticas**

Ho : No existe diferencia de medias entre las zonas de estudios de los Índice de Riesgo de la Calidad de Agua IRCA.

H1 : Existe diferencia de medias entre las zonas de estudios de los Índice de Riesgo de la Calidad del Agua IRCA.

##### **Nivel de significancia**

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

##### **Pruebas estadísticas**

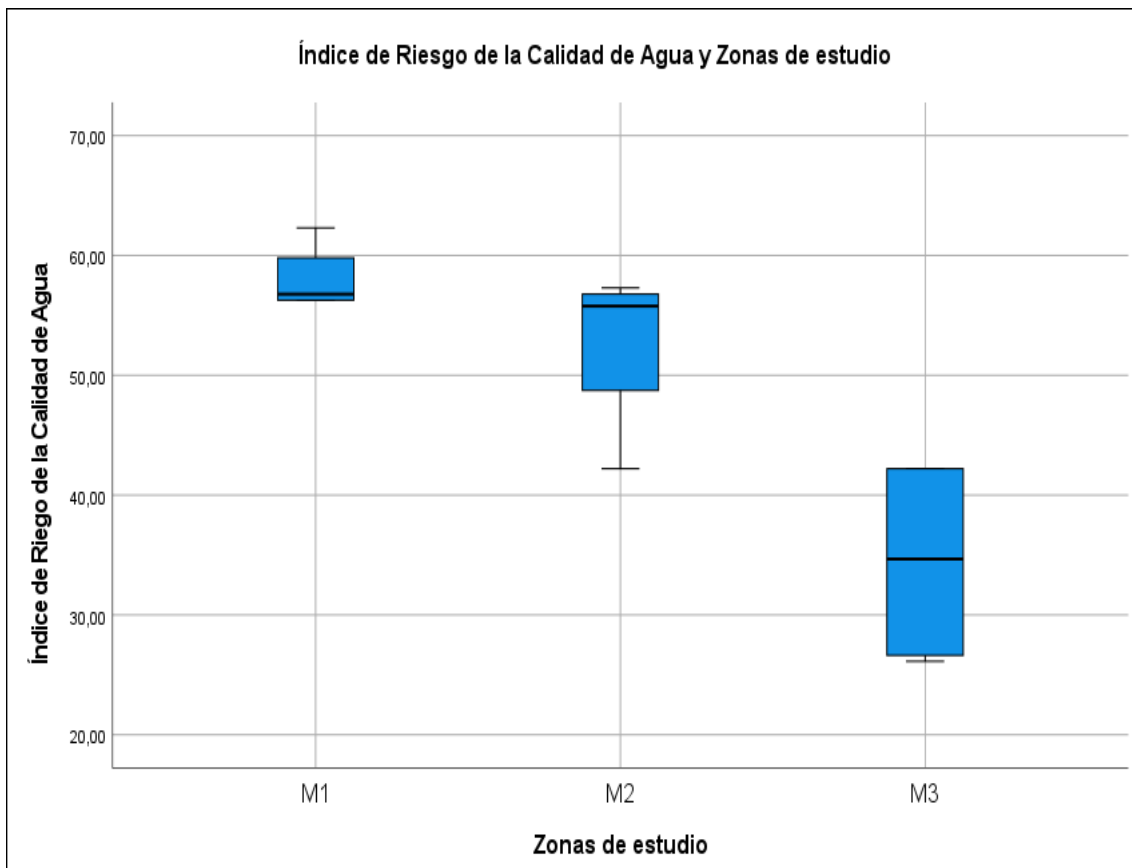


Figura 24. Diagrama de cajas de los IRCAs de las zonas de estudio

Tabla 41

*Estadística descriptiva*

### Índice de Riesgo de la Calidad de Agua

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
M1	4	58,0400	2,88621	1,44310	53,4474	62,6326	56,28	62,31
M2	4	52,7650	7,08435	3,54218	41,4922	64,0378	42,21	57,29
M3	4	<b>34,4225</b>	9,00168	4,50084	20,0988	48,7462	26,13	42,21
Total	12	48,4092	12,24024	3,53345	40,6321	56,1862	26,13	62,31

Los datos estadísticos descriptivos de la tabla 41, explican que, las medias del IRCA, de las zonas de estudio tienen diferencia, en la que la zona de estudio M3, tiene un IRCA final de 34,42%, con el 95% de intervalo de confianza le corresponde a un IRCA de nivel de riesgo Medio; Por tanto, el Agua es apta para consumo humano, Directiva Sanitaria Directiva Sanitaria N°058-MINSA/DIGESA (2014) y para tener seguridad del tratamiento del agua para consumo humano y posterior a este tratamiento se deben establecer correcciones técnicas necesarias de los parámetros físico químicos y microbiológicos observados para que cumplan con los valores de los Límites Máximo Permisibles establecidos en las normas nacionales (Ministerio de Salud Perú, 2018), corroborado por él (Instituto Nacional de Salud Colombia, 2019).

### **Análisis de la varianza ANOVA**

Al realizar el análisis de varianza para los Índices de Riesgo de la Calidad de Agua (IRCA) de las zonas de estudio, se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 42

*Anova*

<b>Índice de Riesgo de la Calidad de Agua</b>					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1229,412	2	614,706	13,215	<b>,002</b>
Dentro de grupos	418,645	9	46,516		
Total	1648,058	11			

En la tabla 42, se exponen los resultados del ANOVA, del p-valor = ,002 lo que indica que existe al menos una diferencia significativa entre medias de los IRCA de las zonas de estudios.

Tabla 43

*Comparaciones*

Variable dependiente: Índice de Riesgo de la Calidad de Agua							
	(I) Zonas de estudio	(J) Zonas de estudio	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD	M1	M2	5,27500	4,82266	,541	-8,1899	18,7399
Tukey		M3	23,61750*	4,82266	<b>,002</b>	10,1526	37,0824
	M2	M1	-5,27500	4,82266	,541	-18,7399	8,1899
		M3	18,34250*	4,82266	<b>,011</b>	4,8776	31,8074
	M3	M1	-23,61750*	4,82266	<b>,002</b>	-37,0824	-10,1526
		M2	-18,34250*	4,82266	<b>,011</b>	-31,8074	-4,8776

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05.

En la tabla 43, de las comparaciones múltiples, se aprecia que estadísticamente existe una diferencia significativa de medias de los IRCA, entre las zonas de estudio, específicamente entre:

- M1 y M3, con un p-valor = 0,002 < 0,01; que indica que la diferencia es altamente significativa.
- M2 y M3, con un p-valor = 0,011 < 0,05; que indica que la diferencia es significativa,
- M3, M1 y M2, con un p-valor = 0,002 y 0,011 < 0,05; que indica que la diferencia es significativa.

**Regla de Decisión**

Se acepta

Ho (hipótesis nula): Si p-valor > 0,05

H1 (hipótesis alterna): Si p-valor < 0,05

**Decisión**

La diferencia de medias es significativa a nivel 0,05; como se muestra la tabla de comparaciones del ANOVA, al ser p-valor = 0,02 < 0,05; y la prueba de TUKEY muestra valores de p-valor inferiores a < 0,05. En consecuencia, se acepta



H1, la hipótesis alterna, lo indica que existen diferencias de medias de Índice de Riesgo de la Calidad del Agua IRCA entre las zonas de estudio.

Los resultados de la diferencia entre medias, de los Índices de Riesgo de la Calidad del Agua IRCA para consumo humano, en las zonas de estudio, estas pueden ser mejoradas, tal como explica, Dueñas *et al* (2018) en estudios realizados en zonas urbanas del Departamento de Boyacá Colombia, e indican que durante el periodo de estudio el IRCA evidenció una tendencia a la disminución, pasando de riesgo alto a riesgo bajo, debido a la implementación e intensificación de acciones de vigilancia en salud ambiental, implementadas por la secretaría de salud departamental, con visitas de inspección sanitaria, verificación de buenas prácticas sanitarias, capacitación personalizada a operarios de planta de tratamiento y de monitoreo permanente en las fuentes de captación del agua, recomendaciones que realizan, el D.S.N°007-2010-AG MINAM (2010), (Instituto Nacional de Salud Colombia, 2019).

#### **4.11.3. Nivel del Límite Máximo Permissible de la calidad del agua (LMP) total, por parámetros físico-químicos y microbiológicos de aguas de la sub cuenca del río Azángaro, deben ser sometidos a tratamiento previo a la suministración para consumo humano en la ciudad de Azángaro**

Del análisis de las evaluaciones de los (LMP) total por parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua, de las zonas de: pre-captación (M1), captación (M2) y de la planta de potabilización - desinfección físico-químico del agua (M3); se determinó el (LMP) total, NO APTO (NA), como medio de prevención para mejorar los Índice de Riesgo de la Calidad de Agua (IRCA), parámetros que deben ser sometidos a tratamiento físico-químico y microbiológico, de las aguas de la sub cuenca del río Azángaro, previo al abastecimiento para consumo humano en la ciudad de Azángaro. En la tabla 44, se muestran los resultados de la determinación del nivel del Límite Máximo Permissible (LMP) total, de la calidad del agua, No Aptos (NA), parámetros de la calidad de agua que deben ser tratadas.

Tabla 44

*Determinación del nivel del Límite Máximo Permissible (LMP) total mediante parámetros físico-químicos y microbiológicos de aguas de la sub cuenca rio Azángaro suministrada para consumo humano de la ciudad de Azángaro*

Parámetro	Unidad	Límite Máximo Permissible (LMP)			
		Apto (A)	Puntaje	No Apto (NA)	Puntaje
<b>Físico Químico</b>					
T°	°C	Ax3	3		
pH	[H <sub>3</sub> O] <sup>+</sup>	Ax3	4,5		
O.D.	mg L <sup>-1</sup>	Ax3	30		
C.e.	µs cm <sup>-1</sup>	Ax3	3		
STD.	mg L <sup>-1</sup>	Ax3	15		
Salinidad	mg L <sup>-1</sup>	Ax3	3		
Turbiedad	NTU			NAx3	45
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg L <sup>-1</sup>			NAx3	30
P	mg L <sup>-1</sup>	Ax3	3		
DBO <sub>5</sub>	mg L <sup>-1</sup>	Ax3	30		
DQO	mg L <sup>-1</sup>	Ax3	30		
As	mg L <sup>-1</sup>	Ax2	2	NAx1	1
Cu	mg L <sup>-1</sup>	Ax3	3		
Pb	mg L <sup>-1</sup>	Ax3	3		
<b>Microbiológico</b>					
Coliforme Total	NMP/100mL	Ax1	15	NAx2	30
<b>C.T.T(Fecales)</b>	NMP/100mL	Ax1	25	NAx2	50
Total			169,50		156,00

$$IRCA (\%) = \frac{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignado a las características no aceptable}}{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignado a todas las características analizadas}} \times 100 \quad (9)$$

$$IRCA (\%) = \frac{\Sigma 156}{\Sigma 169,5 + 156} \times 100$$

$$IRCA (\%) = 47,93$$

Se determinó el Índice de Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA - Sanitario total, en forma global, tal como se expone en la tabla 44; la evaluación se realizó para las tres zonas de estudio, en base a parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de la sub cuenca del rio Azángaro, suministrada para consumo humano a la ciudad de Azángaro; en forma global el agua es clasificado con el “Nivel Alto, de riesgo del IRCA”, cuyas calificaciones fueron obtenidos en base al nivel de riesgo que se muestra en la tabla 45, para los cuales deben cumplir con las notificaciones y las acciones que se recomiendan, y las acciones que se recomiendan y así mismo tomar las medidas inmediatas para esta clasificación

según notificación a la Empresa prestadora de servicios, al Alcalde y Gobernador Directiva Sanitaria N°058-MINSA/DIGESA (2014), y planificar y desarrollar programas de salud para el agua de consumo humano mediante posteriores tratamientos con correcciones técnicas necesarias de los parámetros físico químicos y microbiológicos que no cumplan con los valores de los Límites Máximo Permisibles establecidos en normas nacionales. Ministerio de Salud Perú (2018), debido a que el agua, el saneamiento y la higiene tienen consecuencias importantes sobre la salud y las enfermedades por consumir agua con calidad (F-ODM OPS OMS, 2013).

Tabla 45

*Clasificación del nivel del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua IRCA Sanitario total global de las tres zonas de estudio de la sub cuenca del río Azángaro*

<b>Clasificación IRCA (%)</b>	<b>Nivel de Riesgo IRCA</b>	<b>IRCA - Muestra (Notificaciones adelantara la autoridad sanitaria de manera inmediata)</b>	<b>IRCA Total (Acciones)</b>
<b>35,1 - 80</b>	<b>Alto</b>	Informar a la empresa prestadora de servicios. Alcalde. Gobernador local.	Agua no apta para consumo humano, por lo tanto, se deben realizar gestiones en forma directa de acuerdo a la competencia, de la empresa prestadora de servicios, en coordinación con el alcalde y Gobernador local.

## CONCLUSIONES

- Se caracterizaron las aguas de la sub cuenca del río Azángaro, para los cuales se evaluaron catorce parámetros físico-químicos y dos parámetros microbiológicos de las zonas de estudio de: pre-captación Juntuma (M1), zona de captación (M2) y de la zona de la planta de potabilización de la EPS Nor-Puno S.A. (M3). Para las tres zonas, se han identificado ponderaciones de vulnerabilidad que deben cumplir, con requisitos técnicos, sanitarios y ambientales; de 16,70% de vulnerabilidad Baja (B) aceptable; 33,30% de vulnerabilidad Media (M) ocasional y vulnerabilidades Alto (A) probable y Muy Alto (MA) frecuente, en ambos con el 25%, vulnerabilidades que se debe a la presencia e incremento de turbiedad por erosión y remoción de terrenos, presencia de actividades antropogénicas en la cuenca y zona de captación, que forman impactos negativos físico químicos y microbiológicos del agua.
- De las evaluaciones del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua IRCA – Sanitario, para consumo humano; se tienen niveles de riesgo, de 58,04% para (M1) y 52,76% para (M2) de riesgos alto, agua No Apto para consumo humano y 34,42% para (M3) de riesgo medio, apto para consumo humano; por lo tanto, los niveles de riesgo alto requieren tratamiento físico-químico y microbiológico de los parámetros con Límites Máximo Permisibles (LMP) no apto de la calidad del agua para consumo humano.
- Evaluaciones de los (LMP) para parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua, de las zonas de: (M1), (M2) y (M3); que reportan (LMP) No Apto (NA), estas requieren el tratamiento físico-químico y microbiológico, de las aguas de la sub cuenca del río Azángaro, para mejorar el IRCA, previo al abastecimiento para consumo humano a la ciudad de Azángaro.

## RECOMENDACIONES

- La identificación de la vulnerabilidad de la calidad de agua de la sub cuenca del río Azángaro de las zonas de pre-captación (M1), bocatoma (M2) y de tratamiento de agua potable para consumo humano (M3), están catalogados con vulnerabilidad de nivel Medio (M) ocasional, que cumple parcialmente con los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales; debido a que el acueducto río Azángaro en la zona de estudio requiere cuidados temporales en la infraestructura física en el cauce del río, desde la zona de pre captación hasta la zona de tratamiento de agua potable para consumo humano.
- La determinación del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua – IRCA - Sanitario de aguas para consumo humano de la sub cuenca río Azángaro de la zona de la planta de potabilización por desinfección físico-químico del agua (M3), clasificados con el nivel de IRCA de Riesgo Medio, para los cuales se recomienda que el agua debe tener tratamiento de la categoría A2 o potabilización con tratamiento convencional según D.S.N°004-2017-MINAM (2017), para mejorar el IRCA – Sanitario a categoría de Riesgo Bajo.
- Se recomienda, realizar estudios para determinar el (IRCA), para las demás ciudades de la región Puno, de manera que se tenga datos regionales de la calidad del agua para implementar sistemas de potabilización, con una buena fiscalización sanitaria para disminuir sus efectos negativos en la salud de la población consumidora.

## BIBLIOGRAFIA

- Acosta, M. B. (2019). Recursos Naturales y Paisajistas. *Artículo Ecología Verde*: Recuperado de: <https://www.ecologiaverde.com/autor/m-belen-acosta-42.html>
- Aguilar, A. (2010). Calidad del agua: Un enfoque multidisciplinario. [*Repositorio Universitario: UNAM - México*]. - Instituto de Investigaciones Economicas: Recuperado de: <http://ru.iiec.unam.mx/65/>
- Calderón, N. C. (2017). Informe de Aprobación Seminario de Título. Índice de Calidad de aguas Costeras Para Chile. *Escuela de Pregrado – Facultad de ciencias – Universidad de Chile*, 1-92: Recuperado de: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/168096/Indice-de-calidad-de-aguas.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- CARE, (2012). Internacional-Avina Operacion y Mantenimiento de Sistemas de agua potable. *Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades*: Recuperado de: [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/CARE-AVINA%202012.%20Operaci%C3%B3n%20y%20mantenimiento%20de%20sistemas%20de%20agua.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CARE-AVINA%202012.%20Operaci%C3%B3n%20y%20mantenimiento%20de%20sistemas%20de%20agua.pdf)
- Cude, G. (2001). Oregon water quality index a tool for evaluating water quality management effectiveness. *Article of American Water Resources Association*. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1752-1688.2001.tb05480.x>
- D.S. N°1575. (2007). Ministerio de Protección Social-Colombia. *Decreto 1575 de 2007 Diario Oficial N°46.623*: Recuperado de: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/col174828.pdf>
- D.S.N°004-2017-MINAM. (2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias. *El Peruano*, 10-19. Recuperado de: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/09/DS-007-2017-MINAM.pdf>
- D.S.N°005-2012-TR. (2016). Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo. *El congreso de la Republica decreta la ley*: Recuperado de: <https://www.agrorural.gob.pe/wp-content/uploads/transparencia/leyes/ley-n-29783.pdf>

- D.S.N°007-2010-AG MINAM. (2010). Texto Unico de Procedimientos Administrativos – TUPA del Ministerio del Ambiente. *Poder Ejecutivo*, 1-4: Recuperado de: [https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds\\_007-2010-minam.pdf](https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_007-2010-minam.pdf)
- D.S.N°031-2010-SA-Ministerio de Salud. (2010). Aprueban Reglamento de la calidad del agua para consumo humano. *Republica del Peru*, 1-33: Recuperado de: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/273650/reglamento-de-la-calidad-del-agua-para-consumo-humano.pdf?v=1561937448>
- Decenio Internacional para la acción. (2018). "Agua para el desarrollo sostenible", 2018-2028. *Naciones Unidas*: Recuperado de: <https://www.un.org/es/events/waterdecade/>
- Decreto Ejecutivo N°38924-S. (2004). Reglamento para la Calidad del Agua Potable, La Uruca, San José Costa Rica. *Diario Oficial La Gaceta 170*, 1-49: Recuperado de: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/cos148808.pdf>
- Directiva Sanitaria N°058-MINSA/DIGESA. (2014). Análisis de peligros y evaluación de riesgos, formulación, aprobación, y aplicación de los planes de control de calidad (PCC) de los proveedores de agua para consumo humano. *Resolucion Ministerial del Ministerio de salud por el ministro de Salud*, 1-46: Recuperado de: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma\\_consulta/Directiva\\_Sanitaria\\_058-MINSA-DIGESA-PCC.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Directiva_Sanitaria_058-MINSA-DIGESA-PCC.pdf)
- Directiva Sanitaria. N°132-MINSA/2021/DIGESA. (2021). Directiva Sanitaria. Obtenido de Directiva Sanitaria para la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano. *Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud*, 1-18: Recuperado de: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/1782707-451-2021-minsa>
- Dueñas, M. Y., Dorado, L. M., Espinoza, P. y Suescún, S. H. (2018). Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para consumo humano en zonas urbanas del departamento de Boyacá, Colombia 2004-2013. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 101-109. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v36n3a10>

- Enciso, W. E. y Jiménez, C. E. (2017). Análisis de la calidad del agua del acueducto rural Vereda el Limón, Municipio San Juan de Rioseco-Cundinamarca. *Universidad distrital Francisco José de Caldas, Gestión ambiental y servicios públicos Bogotá D.C.*: Recuperado de: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/13127>
- F-ODM OPS OMS. (2013). Guía Metodológica para la elaboración de Planes de Seguridad del Agua. *Presidencia Republica de Paraguay*, 1-20: Recuperado de: [https://www.sdgfund.org/sites/default/files/ENV\\_MANUAL\\_Ecu\\_Planes%20de%20Seguridad%20del%20agua.pdf](https://www.sdgfund.org/sites/default/files/ENV_MANUAL_Ecu_Planes%20de%20Seguridad%20del%20agua.pdf)
- Gil, J. A., Vizcaino, C. y Montaña, M. N. (2018). Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando el Índice de Calidad del Agua (ICA). Caso de estudio: Cuenca del río Guarapiche, Monagas, Venezuela. *Anales Científicos. Universidad Nacional Agraria La Molina*. 79 (1), 111 – 119: Recuperado de: <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1146>
- Gonzalo, M. N. (2015). Evaluación de la calidad del agua en un río urbano. [*Tesis repositorio de la UNSM. Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental*], 1-25: Recuperado de: <https://ri.unsam.edu.ar/handle/123456789/1298>
- Hammeken y Romero. (2005). Análisis y diseño de una planta de tratamiento de agua residual para el municipio de San Andrés Cholula. [Tesis profesional en Ingeniería Civil, Universidad de las Américas Puebla]. Recuperado de: <http://repositorio.udlap.mx/xmlui/handle/123456789/10936>
- Howe, Kerry J., Hand, D. W., Crittenden, J. C., Trussell, R. R. y Tchobanoglous, G. (2017). Principios de Tratamiento del Agua. México. *Ira edic. cengage learnig*. Recuperado de: [https://latam.cengage.com/libros/principio-de-tratamiento-de-aguas/agua para consumo humano en Colombia-2013](https://latam.cengage.com/libros/principio-de-tratamiento-de-aguas/agua_para_consumo_humano_en_Colombia-2013). [https://issuu.com/cengagelatam/docs/tratamiento\\_de\\_aguas\\_issuu](https://issuu.com/cengagelatam/docs/tratamiento_de_aguas_issuu)
- INDECI. (2006). Manual básico para la estimación del Riesgo. *Instituto Nacional de Defensa Civil Dirección Nacional de Prevención Dinapre*, 1-73: Recuperado de: [http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc319/doc319\\_contenido.pdf](http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc319/doc319_contenido.pdf)



- INDECI. (2012). Preparación, respuesta y rehabilitación. *Políticas, Planes y Evaluación*. Recuperado de: <https://portal.indeci.gob.pe/direccion-politicas-y-planes/compendios-estadisticos/compendios/2012-2/>
- Instituto Nacional de Salud Colombia. (2013). Estado de la Vigilancia de la Calidad del agua para consumo humano en Colombia-2013. *Minsalud*, 1-230: Recuperado de: <https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/2014%20Estado%20de%20la%20vigilancia%20de%20la%20calidad%20del%20agua%202013.pdf>
- Instituto Nacional de Salud Colombia. (2019). Estado de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Colombia, 2018. *Minsalud*, 1-122: Recuperado de: <https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/informe-calidad-agua-2018.pdf>
- Jiménez, D, De Lora, F., Sette, Rubens. (2003). Tratamiento de Aguas Residuales. *Aguas residuales – purificación UCA*: Recuperado de: <https://bibcatalogo.uca.es/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=924748>
- Landero, S. A. (2019). Tesis “Evaluación de la calidad del agua de la laguna la Pólvara en Villahermosa, Tabasco”. Instituto Tecnológico de Villahermosa. División de Estudios de Postgrado e Investigación, Repositorio Institucional el Tecnológico Nacional de México (RI-TECNM), 1-99: Recuperado de: <https://rinacional.tecnm.mx/handle/TecNM/1300?locale=pt>
- Ley N°29783-SST República del Perú. (2011). Reglamento de la ley Seguridad y Salud en el Trabajo. El Peruano Normas legales: Recuperado de: <https://www.agrorural.gob.pe/wp-content/uploads/transparencia/leyes/ley-n-29783.pdf>
- Lozano, O. (2011). Guía Metodológica para incorporar la gestión del riesgo de desastres en la planificación del desarrollo. *Centro de Estudios de prevención de desastres: Gestión del riesgo de desastres / desarrollo sostenible / instrumentos de planificación / metodología / diagnóstico / propuestas / concertación / monitoreo COSUDE*, 1 – 116. Recuperado de: <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc2137/doc2137-contenido.pdf>
- Martínez, J. J., López, V. L. y Almario, D. P. (2016). Análisis del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para consumo humano - IRCA y su relación con variables

meteorológicas y ubicación geográfica para el departamento del Tolima en los años 2012-2013. *Ingenierías, Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia*: Recuperado de: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/1588>

Mendoza, M, A. (2018). Evaluación Físicoquímica del Agua Superficial en el centro poblado Sacsamarca, Región Ayacucho, Perú. *Pontificia Universidad Católica del Perú. Escuela de posgrado*. 1-105: Recuperado de: [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12256/MENDOZA\\_FUENTES\\_MIGUEL\\_AGUA\\_SUPERFICIAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12256/MENDOZA_FUENTES_MIGUEL_AGUA_SUPERFICIAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Menéndez, F. (2008). Higiene Industrial: Manual para la formación de Especialista. 7.a edición Editorial Lex Nova S.A., 23-553: Recuperado de: <https://books.google.com.co/books?id=FcjqxFRTH5oC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

Ministerio de la Protección Social. MAVDT-Colombia. (2007). Decreto 1575 – 2007. IRCA, Resolución Número 2115. *Ministerio de la Protección Social & Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial*: Recuperado de: [https://scj.gov.co/sites/default/files/marco-legal/Res\\_2115\\_de\\_2007.pdf](https://scj.gov.co/sites/default/files/marco-legal/Res_2115_de_2007.pdf)

Ministerio de Salud Perú. (2018). Vigilancia y control de calidad del agua. *Oficina Ejecutiva de transferencia tecnológica y capacidades*: Recuperado de: <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/4516.pdf>

Miranda, N. S. (2012). Tecnología de aguas - Tratamiento y Control de calidad. *Agencia periana del ISBM*: Recuperado de: <http://isbn.bnpp.gob.pe/catalogo.php?mode=detalle&nt=55619>

Mora, D., Orozco, J., Solís, Y., Rivera, P., Cambroner, D., Zúñiga, L. A. y García, J. (2018). Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Costa Rica (IRCACH). *Tecnología en Marcha, Vol. 31, N.º 3*, 3-14: Recuperado de: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n3/0379-3982-tem-31-03-3.pdf>

Nicora, B. (2020). Tesis Diagnóstico de calidad y gestión del agua en las escuelas rurales del partido de Tandil. [*Tesis repositorio Universidad del centro de la provincia*

- de Buenos Aires – Facultad de ciencias humanas*] 1-73. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/362960625\\_Diagnostico\\_de\\_calidad\\_y\\_gestion\\_del\\_agua\\_en\\_las\\_escuelas\\_rurales\\_del\\_partido\\_de\\_Tandil](https://www.researchgate.net/publication/362960625_Diagnostico_de_calidad_y_gestion_del_agua_en_las_escuelas_rurales_del_partido_de_Tandil)
- OIT. (2013). Misión e impacto de la OIT. Organización internacional del trabajo. *Promover el empleo, proteger a las personas*: Recuperado de: <https://www.ilo.org/global/about-the-ilo/mission-and-objectives/lang-es/index.htm>
- OMS. (2009). Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua. *Metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua Organización Mundial de la Salud. Internacional Water Association*. 1-108: Recuperado de: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/75142/9789243562636\\_spa.pdf;sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/75142/9789243562636_spa.pdf;sequence=1)
- OMS. (2011). Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua. Cuarta edición que incorpora la primera adenda, *Organización Mundial de la Salud*: Recuperado de: <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241549950>
- ONU-DAES. (2015). Decenio Internacional para la Acción "El Agua Fuente de Vida": Recuperado de: <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/index.shtml>
- Perez, M. M, (2021). Determinación de la calidad de agua para consumo humano en el valle de Vítor, Arequipa durante los meses de agosto - octubre del 2019. [Tesis repositorio Institucional UNSA-Arequipa]1-92: Recuperado de: <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/24e10670-f55c-41fc-b8c5-849e62db6bda>
- Resolución Jefatural N°010-2016-ANA. (2016). Aprobar el "Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales". *Aprobado por la Autoridad Nacional del Agua*, 1-32: Recuperado de: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/656307/60190132695140460020200426-24009-15lpuxo.pdf?v=1587960369>
- Resolucion Ministerial N°451-2021/MINSA Perú. (2021). Aprueban la Directiva Sanitaria N° 132-MINSA/2021/DIGESA “Directiva Sanitaria para la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud (IPRESS)”. *El Peruano: Normas legales*, 1-2: Recuperado de:

<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-la-directiva-sanitaria-n-132-minsa2021digesa-di-resolucion-ministerial-n-451-2021minsa-1940390-2/>

Resolución Ministerial N° 165-2007-Vivienda. (2007). Aprobar la Política ambiental del sector vivienda. Disponer que la oficina de Medio Ambiente supervise y controle la aplicación de la política ambiental del sector vivienda, 1-16: Recuperado de: <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/17484-165-2007-vivienda>

Resolución N° 2115-Colombia. (2007). Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano: Recuperado de: [https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Resolucion\\_2115\\_de\\_2007.pdf](https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Resolucion_2115_de_2007.pdf)

SANBASUR-COSUDE. (2012). Línea de Base de Indicadores Sociales y de Gestión de los servicios de agua y saneamiento en el ámbito rural. *Instituto de Estudios Peruanos*: Recuperado de: <https://www.cooperacionsuiza.pe/publicacion/linea-de-base-de-indicadores-sociales-y-de-gestion-de-los-servicios-de-agua-y-saneamiento-en-el-ambito-rural/>

Santillana S.A. (2015). Historia, Geografía y Economía5. *1era edición, editorial Santillana Lima – Peru*: Recuperado de: <https://www.dreapurimac.gob.pe/inicio/images/archiv-2020/CT20/cuaderno-de-trabajo-historia-geografia-economia-5.pdf>

Sierra, C. A. (2011). Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico. [Repositorio Institucional Universidad de Medellín]. *Editorial Universidad de Medellín, Ediciones de la U*: Recuperado de: <https://repository.udem.edu.co/handle/11407/2568>

Soluciones medioambientales y agua S.A. (2015). Sustancias contaminantes y sus efectos en la calidad del agua. *Revista aguas residuales.info*: Recuperado de: <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/sustancias-contaminantes-y-sus-efectos-en-la-calidad-del-agua>



- Solsona, F. (2002). Guías para elaborar normas de calidad del agua de bebida en los países en desarrollo. Institutional Repository for information shari: Recuperado de: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/55277>
- Taborda, D. F. y Venegas, W. Y. (2016). Elaboración del mapa de riesgos de calidad del agua para consumo humano de la quebrada la Hoya en el Municipio de Zipaquirá Cundinamarca. [*Tesis de la Facultad de Ingeniería Ambiental – Universidad Santo Tomas – Bogotá – Colombia*]. Recuperado de: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2897/2016diegotaborda.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Vicuña, F. V. (2019). Evaluación de la calidad del agua potable del sistema de abastecimiento y el grado de satisfacción en la población de Olleros Huaraz, periodo 2015-2016. [*Repositorio de la Universidad Santiago Antunez de Mayolo UNASM, Escuela de posgrado Universidad Nacional Santiago Antunez*].1-109: Recuperado de: <https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2900>
- Zaichick, V. y Zaichick, S. (2013). INAA application in the assessment of Ag, Co, Cr, Fe, Hg, Rb, Sb, Sc, Se, and Zn mass fraction in pediatric and young adult prostate glands. *Artículo*. <https://doi.org/10.1007/s10967-013-2554-3>



## ANEXOS

## Anexo 1. Ensayo 1 y análisis físico-químicos



Laboratorios Analíticos del Sur

### Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00485

Fecha de emisión: 18/11/2021

Página 2 de 4

Clave generada : D5B975D4

#### RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	*309	796	802			859	860
		NO3-	As	Cu	P	Pb	DBO-5	DQO
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg O2/L
AG21000906	MUESTRA 1 AZANGARO - JUNTUMA	15,7	0,0031	0,0123	0,1257	b<0,0026	1	10,5

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(") Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Límite de detección del método, "<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú. (054)443294 - (054)444582.



Validar el informe  
vía web



Laboratorios Analíticos del Sur

## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N°LE - 050

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00485

Fecha de emisión: 18/11/2021

Página 1 de 4

Clave generada : D5B975DA

Señores : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Dirección : JR. CARABAYA - JULIACA  
Atención : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Proyecto : TESIS

#### PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 333-21  
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente  
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 10/11/2021  
Fecha de ensayo : 10/11/2021

Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG21000906	MUESTRA 1 AZANGARO - JUNTUMA	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AZANGARO / AZANGARO / PUNO	0360420 ; 8366552	10/11/2021	09:15

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Condiciones de recepción de la muestra
Cooler refrigerado
Observación
-

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"\*<Valor numérico">=Limite de detección del método, ">\*<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)







Laboratorios Analíticos del Sur

## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00485

Fecha de emisión: 18/11/2021

Página 3 de 4

Clave generada : D5B975DA

#### RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	871	872
		Coliformes Total	Coliformes Termotolerantes (Fecales)
		NMP/100 mL	NMP/100 mL
AG21000906	MUESTRA 1 AZÁNGARO - JUNTUMA	2	<1,8

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
José A. Ortiz Condori  
Microbiología  
Biólogo C.B.P. 13052

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"\*<Valor numérico"=Límite de detección del método, ">Valor Numérico"=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú. (054)443294 - (054)444582.



Validar el informe  
vía web



## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00485

Fecha de emisión: 18/11/2021

Página 4 de 4

Clave generada : D5B975DA

#### MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
*3093	Método de ensayo para nitrato en agua SMEWW 22 nd Ed. Item 4500-NO3 Part.C Second-Derivative Ultraviolet Spectrophotometric Method	[0.5 - 1000] mg/L
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ - 2.5] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ - 2.5] mg/L
859	Demanda bioquímica de oxígeno. DBO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[a 0 - 20000] mg/L
860	Demanda química de oxígeno en aguas DQO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD), Closed reflux, Colorimetric Method (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[a 0 - 10000] mg O2/L
871	Numeración de Coliformes Totales (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-8221 B, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO).	[a 1.8 - 160000000000] NMP/100 mL
872	Numeración de Coliformes Fecales (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-8221 E-1, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedures (EC Medium). (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO).	[a 1.8 - 160000000000] NMP/100 mL

a : Límite detección

b : Límite de cuantificación

----- Fin del informe -----

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\* ) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"a"<Valor numérico">=Límite de detección del método, "b"<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.

Validar el informe  
vía web





## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N°LE - 050

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00486

Fecha de emisión: 18/11/2021

Página 1 de 4

Clave generada : 4CB02460

Señores : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Dirección : JR. CARABAYA - JULIACA  
Atención : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Proyecto : TESIS

#### PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 333-21  
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente  
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 10/11/2021  
Fecha de ensayo : 10/11/2021

Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG21000907	MUESTRA 2 RIO AZANGARO CAPTACIÓN EPS NOR PUNO S.A.	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AZANGARO / AZANGARO / PUNO	0371965 ; 8352469	10/11/2021	09:35

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

<b>Condiciones de recepción de la muestra</b>
Cooler refrigerado
<b>Observación</b>
-

*Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.*  
**Omar A. Juárez Soto**  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico GIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"a<Valor numérico">=Limite de detección del método, "b<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)





Laboratorios Analíticos del Sur

## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00486

Fecha de emisión: 18/11/2021

Página 2 de 4

Clave generada : 4CB0246L

#### RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	309 3		796			802			859		860
		NO3-	As	Cu	P	Pb	DBO-5	DQO				
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg O2/L				
AG21000907	MUESTRA 2 RÍO AZÁNGARO CAPTACIÓN EPS NOR PUNO S.A.	15,7	0,0537	0,0135	0,0801	0,0069	1	7,2				

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
María A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Límite de detección del método, "<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.



Validar el informe  
vía web



**Laboratorios Analíticos del Sur**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N°LE - 050

**INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00486**

Fecha de emisión: 18/11/2021

Página 3 de 4

Clave generada : 4CB02460

**RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS**

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	871		872	
		Coliformes Total		Coliformes Termotolerantes (Fecales)	
		NMP/100 mL	NMP/100 mL	NMP/100 mL	NMP/100 mL
AG21000907	MUESTRA 2 RÍO AZÁNGARO CAPTACIÓN EPS NOR PUNO S.A.	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8

*José A. Ortiz Condori*  
Laboratorio de Análisis del Sur E.I.R.L.  
José A. Ortiz Condori  
Microbiología  
Biólogo C.B.P. 13052

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"\*<Valor numérico">=Limite de detección del método, ">Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.



Validar el informe  
vía web



Laboratorios Analíticos del Sur

## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N°LE - 050

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00486

Fecha de emisión: 18/11/2021

Página 4 de 4

Clave generada : 4CB02460

#### MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
*3093	Método de ensayo para nitrato en agua SMEWW.22 nd Ed. Iten 4500-NO3. Part.C Second-Derivative Ultraviolet Spectrophotometric Method	[0.5 - 1000] mg/L
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L
859	Demanda bioquímica de oxígeno. DBO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ <sup>a</sup> 0 - 20000] mg/L
860	Demanda química de oxígeno en aguas DOO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed reflux, Colorimetric Method. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ <sup>a</sup> 0 - 10000] mg O2/L
871	Numeración de Coliformes Totales (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 B, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO).	[ <sup>b</sup> 1.8 - 160000000000] NMP/100 mL
872	Numeración de Coliformes Fecales (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 E-1, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedures (EC Medium). (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO).	[ <sup>b</sup> 1.8 - 160000000000] NMP/100 mL

<sup>a</sup> : Límite detección

<sup>b</sup> : Límite de cuantificación

----- Fin del informe -----

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\* ) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Límite de detección del método, ">Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.

Validar el informe  
vía web





## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

Clave generada : 1247DD63

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00487

Fecha de emisión: 18/11/2021

Página 1 de 4

Señores : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Dirección : JR. CARABAYA - JULIACA - PUNO  
Atención : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Proyecto : TESIS

#### PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : KEVIN MICKHAIL TICONA AÑAZCO  
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 333-21  
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente  
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 10/11/2021  
Fecha de ensayo : 10/11/2021  
Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb. AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG22000584	MUESTRA 3 - PLANTA DE PROCESAMIENTO DE POTABILIZACIÓN Y DESINFECCIÓN DEL AGUA	Agua para Uso y Consumo Humano - Agua de Bebida - Agua Potable	AZÁNGARO / AZÁNGARO / PUNO	0372159 ; 8352372	10/11/2021	05:15

#### Condiciones de recepción de la muestra

Cooler refrigerado

#### Observación

-

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\* ) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Limite de detección del método, "<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> - Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)



Validar el Informe  
via web



Laboratorios Analíticos del Sur

## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

Clave generada : 1247DD63

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00487

Fecha de emisión: 18/11/2021

Página 2 de 4

#### RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	3093	796	802		859	860	
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/L	As mg/L	Cu mg/L	P mg/L	Pb mg/L	DBO-5 mg/L	DQO mg/L
AG22000584	MUESTRA 3 - PLANTA DE PROCESAMIENTO DE POTABILIZACIÓN Y DESINFECCIÓN DEL AGUA	39,3	0,0157	0,0031	b<0,0054	b<0,0026	b<0,5	8,7

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\* ) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"a<Valor numérico"=Limite de detección del método, "b<Valor Numérico"=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.







## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

Clave generada : 1247DD63

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00487

Fecha de emisión: 18/11/2021

Página 3 de 4

#### RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	871	872
		Coliformes Total	Coliformes Termotolerantes (Fecales)
		NMP/100 mL	NMP/100 mL
AG2200584	MUESTRA 3 - PLANTA DE PROCESAMIENTO DE POTABILIZACIÓN Y DESINFECCIÓN DEL AGUA	<1,1	<1,1

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
José A. Ortiz Condori  
Microbiología  
Biólogo C.B.P. 13952

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico"=Limite de detección del método, "<Valor Numérico"=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582



Validar el informe  
vía web



## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

Clave generada : 1247DD63

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00487

Fecha de emisión: 18/11/2021

Página 4 de 4

#### MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
*3093	Método de ensayo para nitrato en agua SMEWW.22 nd Ed. Item 4500-NO3. Part C Second-Derivative Ultraviolet Spectrophotometric Method	[0.5 - 1000] mg/L
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ - 2.5] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ - 2.5] mg/L
859	Demanda bioquímica de oxígeno. DBO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[* 0 - 20000] mg/L
860	Demanda química de oxígeno en aguas DQO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD) Closed reflux. Colorimetric Method. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[* 2 - 10000] mg/L
871	Numeración de Coliformes Totales (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 B, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO).	[* 1.8 - 160000000000] NMP/100 mL
872	Numeración de Coliformes Fecales (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 E-1, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedures (EC Medium). (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO).	[* 1.8 - 160000000000] NMP/100 mL

\* : Límite de detección

b : Límite de cuantificación

Fin del informe

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\* ) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"\*<Valor numérico">=Límite de detección del método, "b<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.

Validar el informe  
vía WEB



## Anexo 2. Ensayo 2 y análisis físico-químicos



Laboratorios Analíticos del Sur

### Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

Clave generada : E0DC13F5

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00498

Fecha de emisión: 22/12/2021

Página 1 de 4

Señores : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Dirección : JR. CARABAYA - JULIACA - PUNO  
Atención : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Proyecto : TESIS

#### PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 343-21  
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente  
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 15/12/2021  
Fecha de ensayo : 15/12/2021

Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG22030463	MUESTRA 1- JUNTUMA	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AZANGARO / AZANGARO / PUNO	0350420 , 836652	15/12/2021	9:15

Condiciones de recepción de la muestra
Cooler refrigerado
Observación
-

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP: 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC o ILAC"

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Limite de detección del método, "<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producción o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)



Validar el informe  
vía web



Laboratorios Analíticos del Sur

## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

Clavo generada : E0DC13F5

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00498

Fecha de emisión: 22/12/2021

Página 2 de 4

#### RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código interno L.A.S.	Nombre de Muestra	3093		796		802		889		860	
		NO3-	As	Cu	P	Pb	DBO-5	DQO			
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG22000493	MUESTRA S. JUNTUMA	10,6	0,0001	<0,002	0,0103	<0,0026	2	3,8			

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

\*Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC\*

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico"=Limite de detección del método, "<Valor Numérico"=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier errancia o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)446582.



Verificar en internet  
vía WEB



Laboratorios Analíticos del Sur

## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

Clave generada : E0DC13F5

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00498

Fecha de emisión: 22/12/2021

Página 3 de 4

#### RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	871	872
		Coliformes Total NMP/100 mL	Coliformes Termotolerantes (Fecales) NMP/100 mL
AG22000493	MUESTRA 1 - JUNTLMA	460	49

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
José A. Ortiz Condon  
Microbiología  
Biólogo C.B.P. 13052

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numerico">=Limite de detección del método, "<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>, Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.



Validar el informe  
vía web



Laboratorios Analíticos del Sur

## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

Clave generada : E0DC13F5

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00498

Fecha de emisión: 22/12/2021

Página 4 de 4

#### MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
*3003	Método de ensayo para nitrato en aguas SMEWW 22 nd Ed. Item 4500-NO3, Part.C Second-Derivative Ultraviolet Spectrophotometric Method	[0.5 - 1000] mg/L
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en aguas y aguas residuales por ICP-OES, Revisión 4.4. Análisis Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ - 2.5] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en aguas y aguas residuales por ICP-OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ - 2.5] mg/L
859	Demanda bioquímica de oxígeno, DBO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD test. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[0 - 20000] mg/L
860	Demanda química de oxígeno en aguas DBO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23ra Ed. Chemical Oxygen Demand (COD), Closed reflux, Colorimetric Method (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[0 - 10000] mg/L
871	Numeración de Coliformes Totales (NMP), SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[0 - 1.8 - 1600000000] NMP/100 mL
872	Numeración de Coliformes Fecales (NMP), SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedures (EC Medium) (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[0 - 1.8 - 16000000000] NMP/100 mL

\* : Límite de detección

#: Límite de cuantificación

Fin del informe

*[Firma]*  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
IA Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\* ) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Límite de detección del método, "<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú (054)443294 - (054)444582.

Validar el informe  
vía web





Laboratorios Analíticos del Sur

## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

Clave generada : 79D5424F

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00499

Fecha de emisión: 22/12/2021

Página 1 de 4

Señores : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Dirección : JR. CARABAYA - JULIACA - PUNO  
Atención : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Proyecto : TESIS

#### PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 343-21  
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente  
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 15/12/2021  
Fecha de ensayo : 15/12/2021

Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG22000494	MUESTRA 2 - RIO AZANGARO CAPTACIÓN	Agua Natural - Superficial - Agua de Rio	AZANGARO / AZANGARO / PUNO	0371965 - 8552486	15/12/2021	8:55

<b>Condiciones de recepción de la muestra</b>
Cooler refrigerado
<b>Observación</b>
-

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Limite de detección del método, ">Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

(c) Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443284 - (054)





Laboratorios Analíticos del Sur

## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

Clave generada : 79D5424F

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00499

Fecha de emisión: 22/12/2021

Página 2 de 4

#### RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	796		802			809	860
		NO <sub>3</sub> - mg/L	As mg/L	Cu mg/L	P mg/L	Pb mg/L	DBO-5 mg/L	DQO mg/L
AG22000494	MUESTRA 2 - RIO AZÚCARO CAPTACIÓN	9,26	0,0100	≤0,002	≤0,0054	≤0,0026	1	3,3

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Limite de detección del método, "<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Rio Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.







## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

Clave generada : 79D5424F

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00499

Fecha de emisión: 22/12/2021

Página 3 de 4

#### RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	#71		#72	
		Coliformes Total		Coliformes Termotolerantes (Fecales)	
		NMP/100 mL		NMP/100 mL	
AG22000494	MUESTRA 2 - RIO AZÚCARO CAPTACIÓN	49	33		

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
José A. Ortiz Condori  
Microbiología  
Biólogo C.B.P. 13052

\*Los ensayos acreditados del presente Informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC\*

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Límite de detección del método, "<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado Arequipa-Perú (054)443294 - (054)444582.



Verificar información



Laboratorios Analíticos del Sur

## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

Clave generada : 79D5424F

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00499

Fecha de emisión: 22/12/2021

Página 4 de 4

#### MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
43993	Método de ensayo para nitrato en agua SMEWW/22 nd Ed. Item 4500-NO3. Part C Second-Derivative Ultraviolet Spectrophotometric Method	[0.5 - 1000] mg/L
798	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-OES, Revisión 4.4. Arsénico Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ - 2.5] mg/L
902	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ - 2.5] mg/L
859	Demanda bioquímica de oxígeno. DBO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ > 0 - 20000] mg/L
360	Demanda química de oxígeno en aguas DQO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD), Closed reflux, Colorimetric Method (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ > 2 - 10000] mg/L
871	Numeración de Coliformos Totales (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 B, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ > 1.8 - 16000000000] NMP/100 mL
872	Numeración de Coliformos Fecales (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 E-1, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedures (FC Medium). (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ > 1.8 - 16000000000] NMP/100 mL

\*: Límite de detección

#: Límite de cuantificación

Fin del informe

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

\*Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC\*

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"\*<Valor numérico">=Límite de detección del método, "#<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdesur.com>, Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú (054)443254 - (054)444582



Validar el informe  
vía web



Laboratorios Analíticos del Sur

## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

Clave generada : 3DC1C241

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00500

Fecha de emisión: 22/12/2021

Página 1 de 4

Señores : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Dirección : JR. CARABAYA - JULIACA - PUNO  
Atención : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Proyecto : TESIS

#### PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 343-21  
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente  
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 15/12/2021  
Fecha de ensayo : 15/12/2021

Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG22C00648	MUESTRA S - PLANTA DE PROCESAMIENTO DE POTABILIZACIÓN Y DESINFECCIÓN DEL AGUA	Agua para Uso y Consumo Humano - Agua de Bebida - Agua Potable	AZÁNGARO / AZÁNGARO / PUNO	0372159 ; 8352372	15/12/2021	4:30

Condiciones de recepción de la muestra	Cooler refrigerado
Observación	-

*(Firma)*  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Limite de detección del método, "<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdesur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443204 - (054)





Laboratorios Analíticos del Sur

## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

Clave generada : 3DC1C241

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00500

Fecha de emisión: 22/12/2021

Página 2 de 4

#### RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Codigo Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	3093		794		902		859		866	
		NO <sub>3</sub>	As	Cu	P	Pb	DBO-5	DQO			
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG22000648	MUESTRA 3 - PLANTA DE PROCESAMIENTO DE POTABILIZACIÓN Y DESINFECCIÓN DEL AGUA	40,3	0,0195	0,0032	h=0,0054	h=0,0026	h=0,5				6,4

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

\*Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Limite de detección del método, "<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.  
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.



Verificar el informe  
vía web



## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Clave generada : 3DC1C241

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00500

Fecha de emisión: 22/12/2021

Página 3 de 4

#### RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	871	972
		Coliformes Total	Coliformes Termotolerantes (Fecales)
		NMP/100 mL	NMP/100 mL
AG22000648	MUESTRA 3 - PLANTA DE PROCESAMIENTO DE POTABILIZACIÓN Y DESINFECCIÓN DE AGUA	<1,1	<1,1

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
José A. Ortiz Condori  
Microbiología  
Biólogo C.B.P. 13502

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico"=Limite de detección del método, ">Valor Numérico"=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier omisión o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú,(054)445264 - (054)444562.



Validar el informe  
via web



**Laboratorios Analíticos del Sur**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Clave generada : 3DC1C241

**INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00500**

Fecha de emisión: 22/12/2021

Página 4 de 4

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS**

Código	Título	Rango de método analítico
*3003	Método de ensayo para nitrato en agua SMEWW 22 nd Ed. Item 4530-NO3. Part C. Second-Derivative Ultraviolet Spectrophotometric Method	[0.5 - 1000] mg/L
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-OES, Revisión 4.4. Arsénico Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ - 2.5] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ - 2.5] mg/L
859	Demanda bioquímica de oxígeno (BBO) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[* 0 - 20000] mg/L
860	Demanda química de oxígeno en aguas DCO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD) Closed reflux, Colorimetric Method. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[* 2 - 10000] mg/L
871	Numeración de Coliformes Totales (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 B, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[* 1.8 - 16000000000] NMP/100 mL
872	Numeración de Coliformes Fecales (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 E-1, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedures (EC Medium). (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[* 1.8 - 16000000000] NMP/100 mL

\* : Límite de detección    : Límite de cuantificación

Fin del informe

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
**Omar A. Juárez Soto**  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC o ILAC"

(\*): Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

\*\*<Valor numérico>="Límite de detección del método, "<Valor Numérico>="Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Esta terminantemente prohíbe la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443254 - (054)444582.

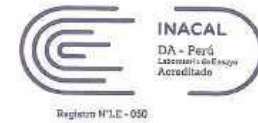


### Anexo 3. Ensayo 3 y análisis físico-químicos



**Laboratorios Analíticos del Sur**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

Clave generada : 24DAF300

#### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00050

Fecha de emisión: 15/01/2022

Página 1 de 4

Señores : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Dirección : JR. CARABAYA - JULIACA - PUNO  
Atención : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Proyecto : TESIS

#### PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 51-22  
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente  
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 5/01/2022  
Fecha de ensayo : 5/01/2022  
Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG22030699	MUESTRA 1 - JUNTUMA	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AZANGARO / AZANGARO / PUNO	0360420 ; 836652	5/01/2022	5:15

Condiciones de recepción de la muestra  
Cooler refrigerado

Observación  
-

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Sixto Vicente Juárez Neira  
Gerente General  
Ing. Químico C.I.P. 18474

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAC o ILAC"

(\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Limite de detección del método, ">Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdesur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - 1054)



Validar el informe  
vía web



**Laboratorios Analíticos del Sur**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Clave generada : 24DAF300

**INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00050**

Fecha de emisión: 15/01/2022

Página 2 de 4

**RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO**

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	3053	798	802			859	860
		NO <sup>3-</sup>	As	Cu	P	Pb	DBO <sub>5</sub>	DQO
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG22000699	MUESTRA 1 - JUNTUNA	14,6	b<0,0012	b<0,002	b<0,0054	b<0,0026	2	3,6

*[Firma]*  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Sixto Vicente Juárez Neira  
Gerente General  
Ing. Químico C.I.P.19474

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(") Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"a<Valor numérico"=Límite de detección del método, "b<Valor Numérico"=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Esta terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier emienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú (054)443294 - (054)444582.







## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Clave generada : 24DAF300

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00050

Fecha de emisión: 15/01/2022

Página 3 de 4

#### RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	871		872	
		Coliformes Total		Coliformes Termotolerantes (Fecales)	
		NMP/100 mL		NMP/100 mL	
AG22000698	MUESTRA 1 - JUNTAJMA	33	7,8		

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Sixto Vicente Juárez Neira  
Gerente General  
Ing. Químico C.I.P. 19474

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
José A. Ortiz Condori  
Microbiología  
Biólogo C.E.P. 13332

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de AAC e ILAC"

(\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"a<Valor numérico">=Limite de detección del método, "b<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú (054)443294 - (054)444562



Validar el informe  
vía web



## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Clave generada : 24DAF300

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00050

Fecha de emisión: 15/01/2022

Página 4 de 4

#### MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
3003	Método de ensayo para nitrato en agua SMEWW 22 nd Ed. Item 4500-NO3 Part.C Second-Derivative Ultraviolet Spectrophotometric Method	[0.5 - 1000] mg/L
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-OES, Revisión 4.4. Arsénico Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ - 2.5] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ - 2.5] mg/L
859	Demanda bioquímica de oxígeno, DBO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test, (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ 0 - 20000] mg/L
860	Demanda química de oxígeno en aguas DQO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD), Closed reflux, Colorimetric Method, (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ 2 - 10000] mg/L
671	Numeración de Coliformes Totales (NMP), SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ 1.8 - 16000000000] NMP/100 mL
672	Numeración de Coliformes Fecales (NMP), SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedures (EC Medium), (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ 1.8 - 16000000000] NMP/100 mL

\* : Límite de detección

◊ : Límite de cuantificación

Fin del Informe

*Sixto Vicente Juárez Neira*  
Laboratorios Analíticos del Sur S.R.L.  
Sixto Vicente Juárez Neira  
Gerente General  
Ing. Químico C.I.P. 19474

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\* ) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"\*<Valor numérico">=Límite de detección del método, "◊<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier omisión o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443204 - (054)444582.

Validar el Informe  
VIA WEB





## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Clave generada : 53DDC396

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00051

Fecha de emisión: 15/01/2022

Página 1 de 4

Señores : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Dirección : JR. CARABAYA - JULIACA - PUNO  
Atención : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Proyecto : TESIS

#### PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 51-22  
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente  
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 5/01/2022  
Fecha de ensayo : 5/01/2022

Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb. AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG22000702	MUESTRA 2 - RIO AZANGARO CAPTACIÓN	Agua Natural - Superficial - Agua de Rio	AZANGARO / AZANGARO / PUNO	0371965 , 8352469	5/01/2022	5:50
Condiciones de recepción de la muestra						
Cooler refrigerado						
Observación						
-						

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Sixto Vicente Juárez Neira  
Gerente General  
Ing. Químico C.I.F. 19474

\*Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC\*

(\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

\*\*<Valor numérico>=Límite de detección del método, <Valor Numérico>=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

(c) Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colocado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)



Verificar el informe  
vía web



## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Clave generada : 53DDC396

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00051

Fecha de emisión: 15/01/2022

Página 2 de 4

#### RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	3093	796	802			859	860
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	As	Cu	P	Pb	DBO-5	DQO
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG22000700	MUESTRA 2 - RIO AZÚGARO CAPTACIÓN	15,5	≤<0,0012	≤<0,002	≤<0,0054	≤<0,0026	2	4,6

*[Firma manuscrita]*  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Sixto Vicente Juárez Neira  
Gerente General  
Ing. Químico C.I.P. 19474

\*Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC\*

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Limite de detección del método, "<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>, Parque Ind. Rio Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.





## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Clave generada : 53DDC396

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00051

Fecha de emisión: 15/01/2022

Página 3 de 4

#### RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

Codigo Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	871	872
		Coliformes Total	Coliformes Termotolerantes (Fecales)
		NMP/100 mL	NMP/100 mL
AG2200700	MUESTRA 2 - RIO AZANGARO GAFTACIÓN	49	17

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Sixto Vicente Juárez Naira  
Gerente General  
Ing. Químico C.I.P. 19474

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
José A. Ortiz Condori  
Microbiología  
B.S. C.P. 1332

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Límite de detección del método, "<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado de sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú. (054)443294 - (054)444582.





## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Clave generada : 53DDC396

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00051

Fecha de emisión: 15/01/2022

Página 4 de 4

#### MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
*3095	Método de ensayo para nitrato en agua SMEWW 22 nd Ed. Item 4500-ND3 Part C Second-Derivative Ultraviolet Spectrophotometric Method	[0.5 - 1000] mg/L
766	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-OES, Revisión 4.4. Arsénico Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ - 2.5] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ - 2.5] mg/L
850	Demanda bioquímica de oxígeno (BOD) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[* 0 - 20000] mg/L
860	Demanda química de oxígeno en aguas (DQO) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD), Closed reflux, Colorimetric Method (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[* 2 - 10000] mg/L
871	Numeración de Coliformes Totales (NMP) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[* 1.8 - 16000000000] NMP/100 mL
872	Numeración de Coliformes Fecales (NMP), SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedures (EC Medium), (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[* 1.8 - 16000000000] NMP/100 mL

\*: Límite de detección      \*: Límite de cuantificación

Fin del informe

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L. Sr  
Sixto Vicentín Juárez Nelra  
Gerente General  
Ing. Qaralizo C.I.P. 13474

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\*): Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Límite de detección del método, "<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1-C. Colorado-Arequipa-Perú. (054)443294 - (054)444582.

Validar el informe  
en el INACAL





## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Clave generada : CAD4922C

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00052

Fecha de emisión: 15/01/2022

Página 1 de 4

Señores : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Dirección : JR. CARABAYA - JULIACA - PUNO  
Atención : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Proyecto : TESIS

#### PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 51-22  
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente  
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 5/01/2022  
Fecha de ensayo : 5/01/2022

Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG22000701	MUESTRA 3 - PLANTA DE PROCESAMIENTO DE POTABILIZACIÓN Y DESINFECCIÓN DEL AGUA	Agua para Uso y Consumo Humano - Agua de Bebida - Agua Potable	AZANGARÓ / AZANGARÓ / PUNO	0372159 ; 8352372	5/01/2022	6:45

Condiciones de recepción de la muestra
Cooler refrigerado
Observación
-

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Sixto Vicente Juárez Neira  
Gerente General  
Ing. Químico C.I.P. 19474

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"a<Valor numérico">=Límite de detección del método, "b<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información. Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequica-Perú (054)443294 - (054)





## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Clave generada : CAD4922C

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00052

Fecha de emisión: 15/01/2022

Página 2 de 4

#### RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	3093	736	802		859	860	
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	As	Cu	P	Pb	DBO-5	DOO
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
AG22000701	MUESTRA S - PLANTA DE PROCESAMIENTO DE POTABILIZACIÓN Y DESINFECCIÓN DEL AGUA	42,1	≤0,0012	≤0,002	≤0,0054	≤0,0026	≤0,5	6,6

*Sixto*  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Sixto Vicente Juárez Neira  
Gerente General  
Ing. Químico C.I.P. 19474

\*Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC\*

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Límite de detección del método, "<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier ampliación o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Ric. Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú. (054)443294 - (054)444582.







**Laboratorios Analíticos del Sur**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Clave generada : CAD4922C

**INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00052**

Fecha de emisión: 15/01/2022

Página 3 de 4

**RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS**

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	871	872
		Coliformes Total	Coliformes Termotolerantes (Fecales)
		NMP/100 mL	NMP/100 mL
AG22000701	MUESTRA 3. PLANTA DE PROCESAMIENTO DE POTABILIZACIÓN Y DESINFECCIÓN DEL AGUA	<1,1	<1,1

*Sixto Vicente Juárez Neira*  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Sixto Vicente Juárez Neira  
Gerente General  
Ing. Químico C.I.P. 19474

*José A. Ortiz Condori*  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
José A. Ortiz Condori  
Microbiología  
Biólogo C.P.P. 13002

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de AAC e ILAC"

(\*). Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Limite de detección del método, "<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> ; Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú, (054)443284 - (054)444582.



Validar el informe  
vía web



## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Clave generada : CAD4922C

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00052

Fecha de emisión: 15/01/2022

Página 4 de 4

#### MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
*3093	Método de ensayo para nitrato en agua SMEWW 22 na Ed. Item 4500-NO3 Part C. Second-Derivative Ultraviolet Spectrophotometric Method	[0.5 - 1000] mg/L
706	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-OES, Revisión 4.4. Arsenico Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ - 2.5] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ - 2.5] mg/L
858	Demanda bioquímica de oxígeno, DBO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 521C B, 23rd Ed. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ 0 - 20000] mg/L
860	Demanda química de oxígeno en aguas DCO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD), Closed reflux, Colorimetric Method (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ 2 - 10000] mg/L
871	Numeración de Coliformes Totales (NMP) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 8221 B, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ 1 E - 160000000000] NMP/100 mL
872	Numeración de Coliformes Fecales (NMF) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 8221 E-1, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedures (EC Medium). (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ 1 E - 160000000000] NMF/100 mL

\* : Límite de detección      ® : Límite de cuantificación

----- Fin del informe -----  
  
 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
 Sixto Vicente Juárez Neira  
 Gerente General  
 Ing. Químico C.I.P. 19474

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\* ) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"\* < Valor numérico " = Límite de detección del método; " > < Valor Numérico " = Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado de sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier omisión o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> - Parque Ind. R/o Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú. (054)443294 - (054)444582

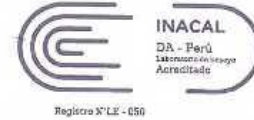


## Anexo 4. Ensayo 4 y análisis físico-químicos



### Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

Clave generada : 86B4343E

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00098

Fecha de emisión: 25/02/2022

Página 1 de 4

Señores : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Dirección : JR. CARABAYA - JULIACA - PUNO  
Atención : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Proyecto : TESIS

#### PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 163-22  
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente  
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 16/02/2022  
Fecha de ensayo : 16/02/2022

Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb. AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG22000749	MUESTRA 1 - JUNTUMA	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AZÁNGARO / AZÁNGARO / PUNO	0350420   036652	16/02/2022	4:10
Condiciones de recepción de la muestra						
Cooler refrigerado						
Observación						
-						

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Limite de detección del método, "<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Saco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)

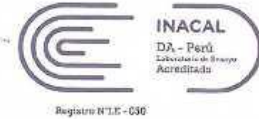


Validar el informe  
vía web en



## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N°LE-050

Clave generada: 86B4343E

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00098

Fecha de emisión: 25/02/2022

Página 2 de 4

#### RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	3093	796	802		858	860	
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	As	Cu	P	Pb	DBO-5	DQO
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
AG22000749	MUESTRA 1 - JUNTUMA	14,49	0,0130	≤0,002	≤0,0064	≤0,0026	2	4,4

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente Informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(") Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Limite de detección del método, "<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier emienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582





**Laboratorios Analíticos del Sur**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Clave generada : 86B4343E

**INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00098**

Fecha de emisión: 25/02/2022

Página 4 de 4

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS**

Código	Título	Rango de método analítico
*3093	Método de ensayo para nitrato en agua SMEWW-22 nd Ed. Item 4500-NO3 Part C Secund-Derivative Ultraviolet Spectrophotometric Method	[0.5 - 1000] mg/L
798	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-OES. Revisión 4.4. Arsénico Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-OES. Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L
859	Demanda química de oxígeno DBO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[0 - 20000] mg/L
890	Demanda química de oxígeno en aguas DQO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD), Closed reflux, Colorimetric Method (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[0.2 - 10000] mg/L
871	Numeración de Coliformes Totales (NMP)*. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[0.18 - 180000000000] NMP/100 ml
872	Numeración de Coliformes Fecales (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedures (EC Medium) (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[0.18 - 180000000000] NMP/100 ml

\*: Límite de detección      #: Límite de cuantificación

----- Fin del informe -----

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

\*Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC\*

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Límite de detección del método, "<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

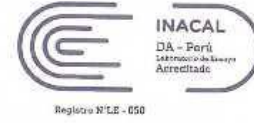
Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa Perú. (054)443204 - (054)444582





## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Clave generada : F1B304A8

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00099

Fecha de emisión: 25/02/2022

Página 1 de 4

Señores : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Dirección : JR. CARABAYA - JULIACA - PUNO  
Atención : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Proyecto : TESIS

#### PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : TICONA AÑAZCO KEVIN MICKHAIL  
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 163-22  
Plan de muestreo : Muestreo por el cliente  
Procedimiento Aplicado : Muestreo por el cliente

Fecha de recepción : 16/02/2022  
Fecha de ensayo : 16/02/2022

Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb. AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG22000750	MUESTRA 3- PLANTA DE PROCESAMIENTO DE POTABILIZACIÓN Y DESINFECCIÓN DEL AGUA	Agua para Uso y Consumo Humano - Agua de Bebida - Agua Potable	AZÁNGARO / AZÁNGARO / PUNO	0372156   8352377	16/02/2022	6:20
Condiciones de recepción de la muestra						
Cooler refrigerado						
Observación						

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC y ILAC"

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"«Valor numérico»=Límite de detección del método, "«Valor Numérico»=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información. Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>, Parque Ind. Río Saco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)



Validar el informe  
vía web



Laboratorios Analíticos del Sur

## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

Clave generada : F1B304A8

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00099

Fecha de emisión: 25/02/2022

Página 2 de 4

#### RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUÍMICO

Codigo Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	*3093		796		802		859		860	
		NO <sub>3</sub>	As	Cu	P	Pb	DBO-5	DQO			
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG22000750	MUESTRA 3- PLANTA DE PROCESAMIENTO DE POTABILIZACION Y DESINFECCION DEL AGUA	40,07	0,0151	0,0022	≤<0,0054	≤<0,0026	≤<0,5	6,7			

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAG e ILAC"

(\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Limite de detección del método, "≤<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

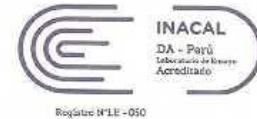
Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>, Parque Ind. Río Seco C-1 C, Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.





## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

Clave generada : F1B304A8

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00099

Fecha de emisión: 25/02/2022

Página 3 de 4

#### RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	871	872
		Coliformes Total	Coliformes Termotolerantes (Fecales)
		NMP/100 mL	NMP/100 mL
AG22000750	MUESTRA 3- PLANTA DE PROCESAMIENTO DE POTABILIZACIÓN Y DESINFECCIÓN DEL AGUA	<1,1	<1,1

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
José A. Ortiz Condon  
Microbiología  
Biólogo C.B.P. 13052

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Límite de detección del método, ">Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>, Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú. (054)443294 - (054)444582



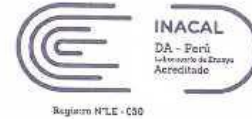
Verificar el informe  
Vía web





## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

Clave generada : F1B304A8

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00099

Fecha de emisión: 25/02/2022

Página 4 de 4

#### MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
*3093	Método de ensayo para nitrato en agua SMEWW 22 nd Ed. Itan 4500-NO3 Part C Second Derivative Ultraviolet Spectrophotometric Method	[0.5 - 1000] mg/L
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en aguas y aguas residuales por ICP-OES, Revisión 4.4, Arsénico Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ - 2.5] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en aguas y aguas residuales por ICP-OES, Revisión 4.4, Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ - 2.5] mg/L
859	Demanda bioquímica de oxígeno, DBO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test, (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[* 0 - 20000] mg/L
860	Demanda química de oxígeno en aguas DQO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD) Closed reflux, Colorimetric Method, (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[* 2 - 10000] mg/L
871	Numaración de Coliformes Totales (NMP), SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[* 1.8 - 18000000000] NMP/100 mL
872	Numaración de Coliformes Fecales (NMP), SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedures (EC Medium), (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[* 1.8 - 18000000000] NF/100 mL

\* : Limite detección    ◻ : Limite de cuantificación

Fin del informe

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
**Omar A. Juárez Soto**  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniera Química QIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\*): Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Limite de detección del método, "<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier omisión o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582

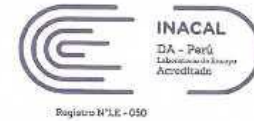
Validar el informe  
vía web





## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

Clave generada : SCE211C0

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00100

Fecha de emisión: 25/02/2022

Página 1 de 4

Señores : TICONA AÑAZCO, KEVIN MICKHAIL  
Dirección : JR. CARABAYA - JULACA - PUNO  
Atención : TICONA AÑAZCO, KEVIN MICKHAIL  
Proyecto : TESIS

#### PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : TICONA AÑAZCO, KEVIN MICKHAIL  
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 164-22  
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente  
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 16/02/2022

Fecha de ensayo : 16/02/2022

Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Provi/Depart	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG22020751	MUESTRA 2 - RIO AZANGARO CAPTACIÓN	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AZANGARO / AZANGARO / PUNO	0371985 ; 8362489	16/02/2022	11:00
Condiciones de recepción de la muestra						
Cocler refrigerado						
Observación						

*Omar A. Juárez Soto*  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\* ) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"\*cValor numérico"=Límite de detección del método, "b\*Valor Numérico"=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú (054)443294 - (054)

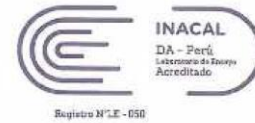


Validar el informe  
vía web.



## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Clave generada : 5CE211C0

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00100

Fecha de emisión: 25/02/2022

Página 2 de 4

#### RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	3093	796	802		858	860	
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	As	Cu	P	Pb	DBO-5	DQO
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
AG22000751	MUESTRA 2 - RIO AZANGARO CAPTACIÓN	12,25	0,0297	b<0,002	0,0303	b<0,0026	2	3,8

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente Informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Limite de detección del método, "<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.  
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

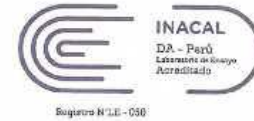
Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdesur.com>. Parque Ind. Rio Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú (054)443294 - (054)444562.





## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Clave generada : 5CE211C0

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00100

Fecha de emisión: 25/02/2022

Página 3 de 4

#### RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	871	872
		Coliformes Total	Coliformes Termotolerantes (Fecales)
		NMP/100 mL	NMP/100 mL
AG22000751	MUESTRA 2 - RIO AZÚNGARO CAPTACIÓN	16x10 <sup>2</sup>	2

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
José A. Ortiz Condori  
Microbiología  
Biólogo C.B.P. 13052

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro de ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de (AAC o ILAC)"

(\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"\*<Valor numérico">=Limite de detección del método, ">\*<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.

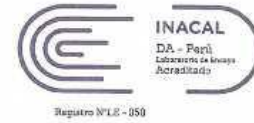


Validar el informe  
vía web



## Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE  
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Clave generada : 5CE211C0

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00100

Fecha de emisión: 25/02/2022

Página 4 de 4

#### MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
*3093	Método de ensayo para nitrato en agua SMEWW 22 nd Ed. Item 4500-ND3 Part C. Second-Derivative Ultraviolet Spectrophotometric Method	[0.5 - 1000] mg/L
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en aguas y aguas residuales por ICP-OES, Revisión 4.4. Arsénico Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ - 2.5] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en aguas y aguas residuales por ICP-OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ - 2.5] mg/L
859	Demanda bioquímica de oxígeno. DBO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day, BOD Test. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ 0 - 20000] mg/L
860	Demanda química de oxígeno en aguas DCO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD), Closed reflux, Colorimetric Method (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ 2 - 10000] mg/L
871	Numaración de Coliformes Totales (NMP) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 B, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ 1.0 - 10000000000] NMP/100 mL
872	Numaración de Coliformes Fecales (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 E-1, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedures (EC Medium). (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ 1.0 - 10000000000] NMP/100 mL

\* : Límite de detección

#: Límite de cuantificación

Fin del informe

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(\* ) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Límite de detección del método, "<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443204 - (054)444582

Validar el informe  
vía QR



**Anexo 5. Panel fotográfico.**



Punto de muestreo M1 Área de Pre captación Juntuma - Azángaro



Toma de muestras



Punto de muestreo M2 Área de captación



Toma de muestra en la zona de captación



Punto de muestreo M3 Área planta de tratamiento de agua potable





Toma de muestra zona captación



Equipos Multiparámetros de campo para Análisis de aguas de la sub cuenca del río Azángaro



Equipos Multiparámetros de campo para Análisis de aguas de la sub cuenca del rio Azángaro



Muestras de agua para su posterior análisis en laboratorio

Anexo 6. Datos meteorológicos.

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

“SENAMHI ÓRGANO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA HIDROMETEOROLÓGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO SOCIAL ECONÓMICO DEL PAÍS”

ESTACIÓN : CO AZÁNGARO DEPARTAMENTO : Puno  
 LATITUD : 14°55'1.9" PROVINCIA : Azángaro  
 LONGITUD : 70°11'25.7" DISTRITO : Azángaro  
 ALTITUD : 3857 msnm FRECUENCIA : Día/año-mes  
 PARAMETROS : Precipitación total diaria (mm).

2021													
DÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1	3.8	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	3.1
2	23.4	8.3	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	9.0
3	0.0	5.3	0.0	10.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3
4	3.7	0.9	1.4	9.3	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	5.0
5	0.7	0.1	4.3	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	0.1	0.5
6	14.0	0.0	-888.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5	0.0	3.6
7	20.8	1.5	0.8	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-888.0	0.0	7.0
8	0.1	3.8	0.3	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.4	0.4	4.0
9	6.7	1.9	0.1	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	-888.0	13.4	0.0	0.0	10.8
10	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-888.0	0.0	0.0	0.0	1.9
11	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	12.5	0.0
12	1.7	12.1	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
13	6.8	2.2	14.0	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	10.1	0.2
14	1.8	3.2	0.0	2.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	5.8
15	5.4	6.4	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.8
16	15.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
17	9.0	5.1	16.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
18	1.2	2.6	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2
19	0.0	0.4	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6
20	8.7	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	1.1	33.3
21	1.8	5.5	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.4	23.8
22	3.1	4.6	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	3.9
23	0.7	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	1.0	5.0
24	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7	4.9
25	2.9	0.0	4.8	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.2
26	1.3	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.5	6.1
27	0.0	1.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	7.0
28	0.2	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.6	1.5
29	0.0	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.3	2.6
30	3.3	0.0	29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	1.9
31	23.2	0.0	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0

S/D: SIN DATOS

-888: TRAZAS

INFORMACIÓN PROCESADA PARA: KEVIN MICKHAIL TICONA AÑAZCO  
 COMPROBANTE DE PAGO : BOLETA ELECTRONICA EB01-690  
 FECHA DE EMISIÓN : 5 DE DICIEMBRE DE 2022.

Firma Digital  
  
 Firmado digitalmente por PEÑA LOZANO Angélica Marlene FAU  
 20131366028 soft  
 Motivo: Soy el autor del documento  
 Fecha: 05.12.2022 15:23:34 -05:00

Firma Digital  
  
 Firmado digitalmente por FLORES SANCHO Sixto FAU 20131366028 hard  
 Motivo: Soy el autor del documento  
 Fecha: 05.12.2022 15:33:18 -05:00

ELABORADO POR:  
 ASISTENTE HIDROMETEOROLÓGICO

V°B°  
 DIRECCIÓN ZONAL 13

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

**“SENAMHI ÓRGANO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA HIDROMETEOROLÓGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO SOCIAL ECONÓMICO DEL PAÍS”**

**ESTACIÓN** : CO AZÁNGARO **DEPARTAMENTO** : Puno  
**LATITUD** : 14°55'1.9" **PROVINCIA** : Azángaro  
**LONGITUD** : 70°11'25.7" **DISTRITO** : Azángaro  
**ALTITUD** : 3857 msnm **FRECUENCIA** : Día/año-mes  
**PARAMETROS** : Precipitación total diaria (mm).

2022											
DÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV
1	0.0	4.2	0.8	38.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5
2	0.0	10.7	0.0	11.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	5.3
3	0.0	4.1	0.7	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0
4	0.0	3.3	0.6	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0
5	10.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0
6	0.6	4.7	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3
7	1.2	0.0	2.0	1.1	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	5.9
8	5.2	2.2	0.5	6.8	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	5.1
9	1.5	0.4	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	5.3
10	6.4	6.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1
11	0.0	4.0	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7
12	5.9	2.5	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5
13	3.9	0.2	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8
14	7.3	0.0	13.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.7	6.2
15	0.5	3.0	30.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0
16	0.3	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	5.4	6.0
17	0.8	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	5.9
18	0.0	3.4	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8
19	5.8	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-888.0	6.2
20	4.0	1.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4
21	12.1	9.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2
22	3.5	1.1	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6
23	0.0	13.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0
24	3.6	0.4	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	4.6
25	22.2	4.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1
26	0.5	6.3	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3
27	0.3	1.3	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7
28	5.5	3.9	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4
29	1.6		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	6.6
30	10.9		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7
31	1.1		0.0		0.0		0.0	1.7		0.0	

S/D: SIN DATOS -888: TRAZAS

**INFORMACIÓN PROCESADA PARA:** KEVIN MICKHAIL TICONA AÑAZCO  
**COMPROBANTE DE PAGO** : BOLETA ELECTRONICA EB01-690  
**FECHA DE EMISIÓN** : 5 DE DICIEMBRE DE 2022.

Firma Digital  
 Firmado digitalmente por PEÑA LOZANO Ángela Marleny FAU 20131396028 soft  
 Motivo: Soy el autor del documento  
 Fecha: 05.12.2022 15:25:08 -05:00

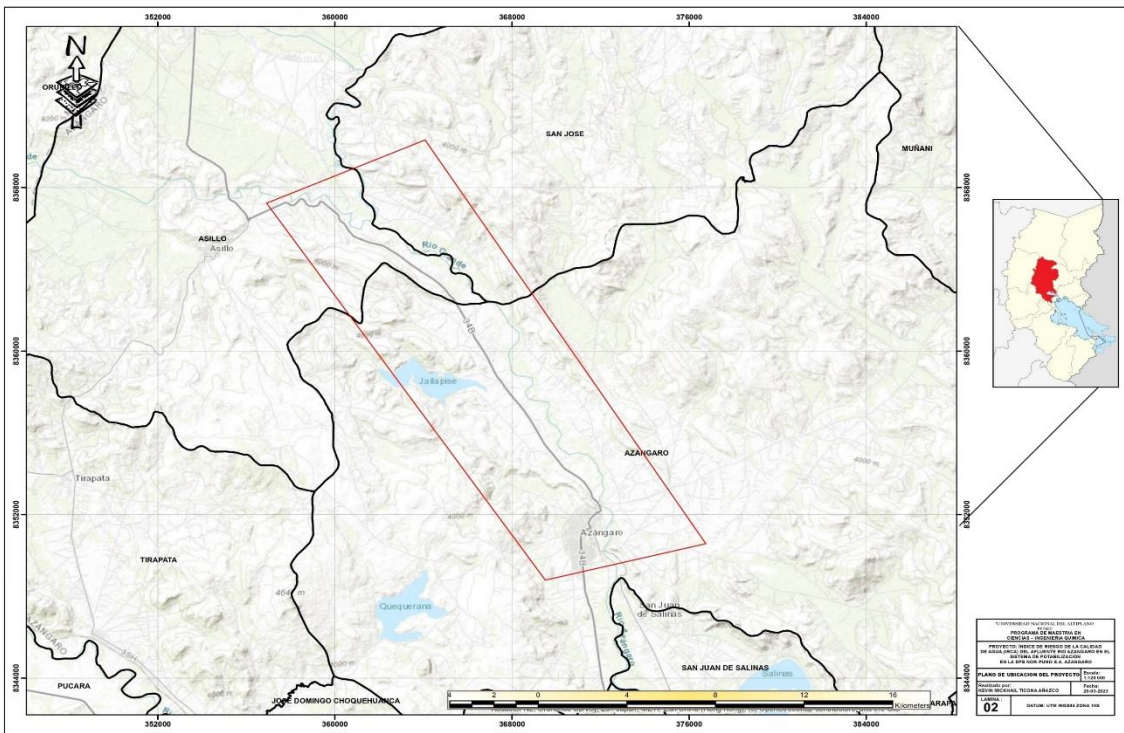
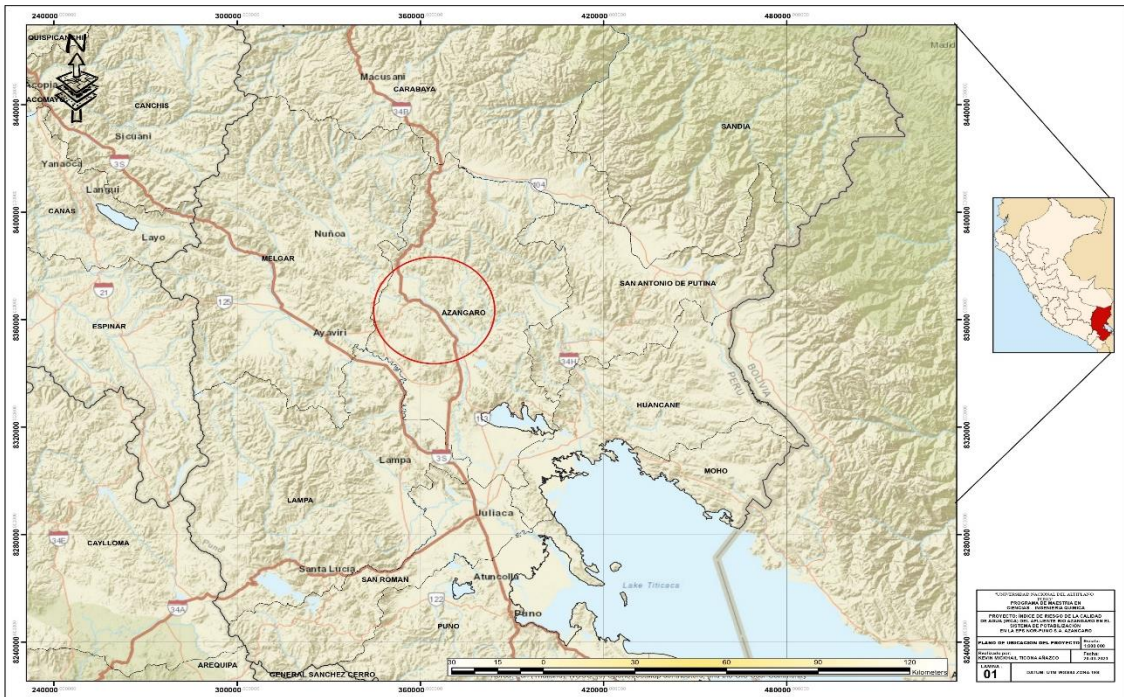
Firma Digital  
 Firmado digitalmente por FLORES SANCHO Sixto FAU 20131396028 hard  
 Motivo: Soy el autor del documento  
 Fecha: 05.12.2022 15:40:22 -05:00

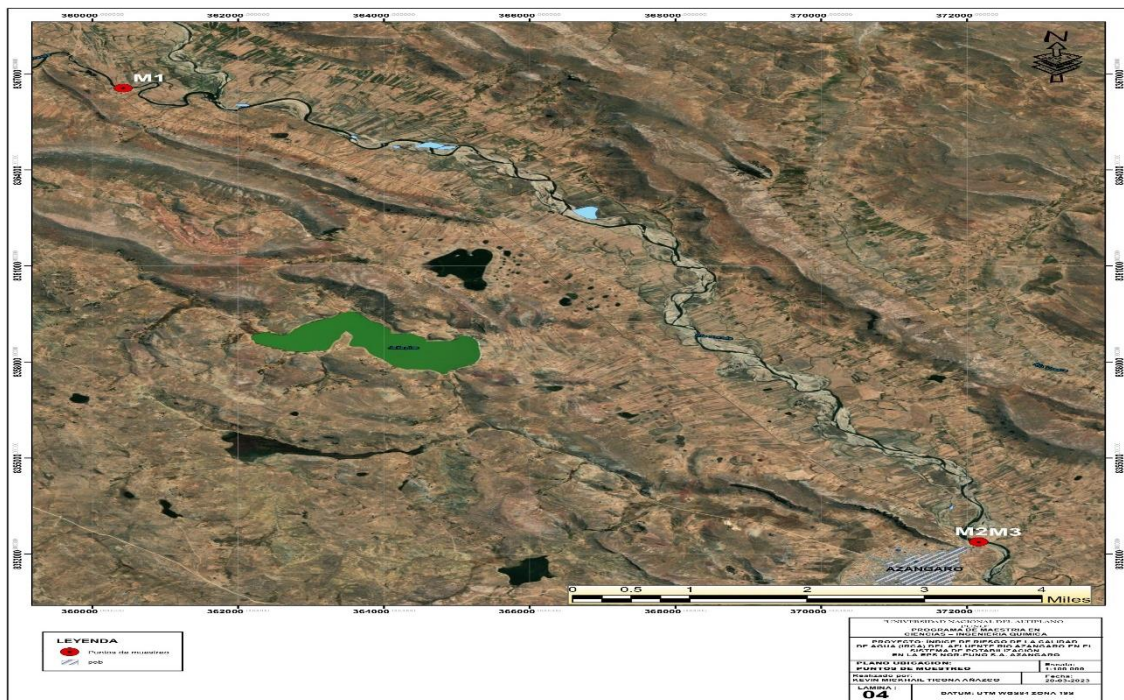
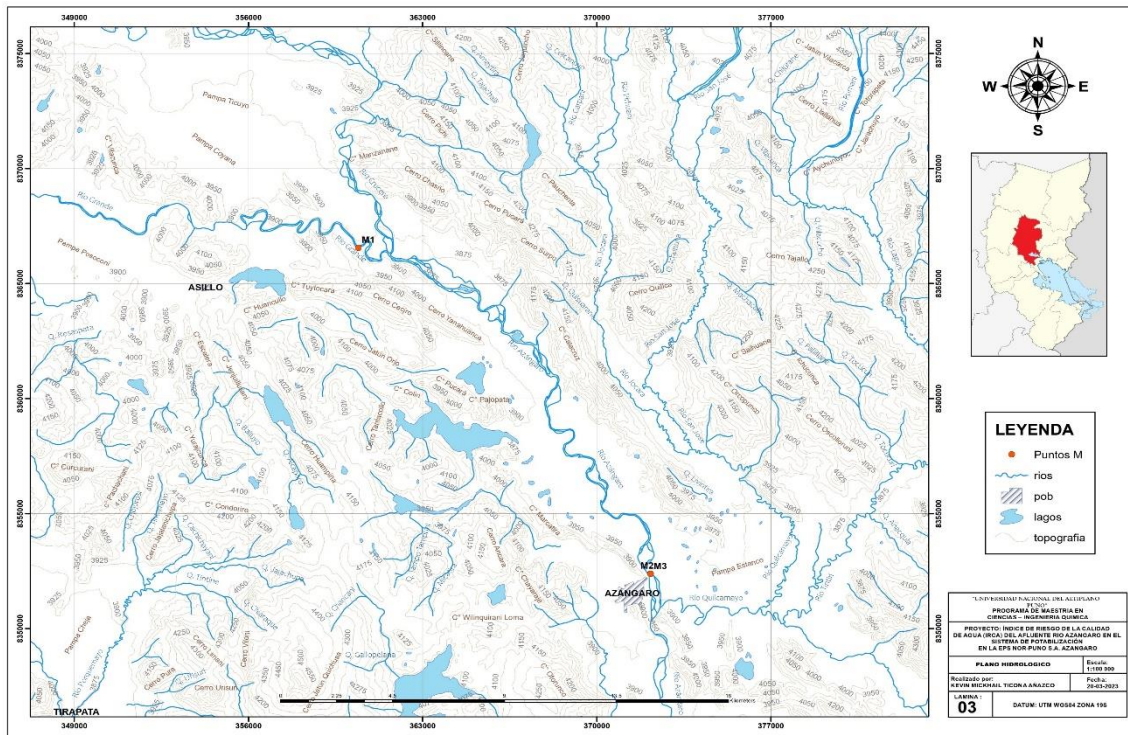
ELABORADO POR:  
 ASISTENTE HIDROMETEOROLÓGICO

V°B°  
 DIRECCIÓN ZONAL 13

Fuente: Senamhi Servicio Nacional de Meteorológica e hidrología de Azángaro

Anexo 7. Planos informativos del estudio.





Plano Georreferenciado de la zona de estudio



## Anexo 8. Declaración jurada de autenticidad de tesis.



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo KEVIN MICKHAIL TICONA AÑAZCO,  
identificado con DNI 47 01 89 6 8 en mi condición de egresado de:

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

MAESTRIA EN CIENCIAS: INGENIERIA QUIMICA

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

" INDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DE AGUA (IRCA) DEL AFLUENTE  
RIO AZANGARO EN EL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN EN LA EPS  
NOR - PUNO S.A. AZANGARO "

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 SETIEMBRE del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella

## Anexo 9. Autorización para el depósito de tesis.



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

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

Por el presente documento, Yo KEVIN MICKHAIL TICONA AÑAZCO,  
identificado con DNI 47018968 en mi condición de egresado de:

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

MAESTRIA EN CIENCIAS: INGENIERIA QUIMICA,  
informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

“ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DE AGUA (IRCA) DEL AFLUENTE  
RÍO AZÁNGARO EN EL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN EN LA EPS  
NOR - PUNO S.A. AZÁNGARO”

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 14 de SETIEMBRE del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella